

EINFLUSS DER ELEKTRO-STIMULATION
AUF DEN pH-, rH- und r-WERT IM BLUT
Tierexperimentelle Untersuchung
an Katzen

Sabine Dopfer - Huchatz

1970

Dissertations- und Fotodruck ANNELIESE SCHUBERT
Corneliusstraße 21 • 8000 München 5 • Telefon 268177

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Chirurgischen Poliklinik der Universität München

Direktor: Professor Dr. F. Holle

Einfluß der Elektro-Stimulation
auf den pH-, rH- und r-Wert im Blut.
Tierexperimentelle Untersuchung an Katzen.

INAUGURAL - DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten
Medizin an der Ludwig-Maximilians-Universität
München

vorgelegt von

Sabine Dopfer-Huchatz

aus

München

Jahr 1978

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin

der Universität München

Berichterstatter:	Priv-Dozent Dr. W. Brückner
Mitberichterstatter:	Professor Dr. F. Holle
Dekan:	Professor Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 20. Juli 1978



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. <u>Einleitung</u>	2
II. <u>Theoretische Grundlagen und Bedeutung des pH-, rH- und r-Wertes</u>	
1.) pH-Wert	4
2.) rH-Wert	6
3.) r-Wert	12
III. <u>Material und Methodik</u>	
1.) Versuchstiere	16
2.) Versuchsaufbau	16
3.) Versuchsablauf	16
a) Allgemeine Bedingungen	16
b) Leerversuch mit Narkose	17
c) Elektro-Stimulationsversuch mit Narkose	18
d) Kontrollversuche	19
e) Meßmethodik und Fehlerquellen bei der Bestimmung von pH, rH und r	19
IV. <u>Ergebnisse</u>	
1.) Darstellung der Ergebnisse	22
2.) Darstellung der Tabellen, Diagramme und Änderungssäulen	23
3.) Beschreibung der Tabellen, Diagramme und Änderungssäulen und statistische Auswertung	60
a) pH-Wert	60
b) rH-Wert	61
c) r-Wert	62
4.) Kontrollversuche	63
V. <u>Diskussion</u>	64
VI. <u>Zusammenfassung</u>	70
<u>Anhang: Statistische Grundlagen</u>	71
Meßprotokolle	74
LITERATUR	85

I. Einleitung

Die Anwendung und Bedeutung der Elektro-Stimulation von sog. Akupunkturpunkten hat in den letzten Jahren als therapeutische Methode und in der Anaesthesie - vor allem bei Risikopatienten - stark zugenommen. (DOENICKE).

1959 wurde erstmals aus China von einer Elektro-Stimulations-Analgesie während einer Zahnextraktion berichtet. Die erste dokumentierte Elektro-Stimulations-Analgesie in der westlichen Welt wurde im März 1972 während einer Tonsillektomie in Wien durchgeführt. (BENZER).

Als therapeutische Methode leitet sich die Elektro-Stimulationstherapie ab von der klassischen Akupunkturtherapie, die in unbekannter Vorzeit in China empirisch entwickelt wurde.

Eine zuverlässige Deutung der Vorgänge bei der Elektro-Stimulation von sog. Akupunkturpunkten ist auch heute noch schwierig, da die Kenntnis über Struktur und Funktion der klassischen Nadelpunkte keineswegs gesichert ist.

Durch diese Arbeit soll ein Beitrag geliefert werden zur Objektivierung der durch Elektro-Stimulation bewirkten Abläufe.

Im Blut von Katzen wurde über einen bestimmten Zeitraum pro Versuch die Veränderung des pH-, rH- und r-Wertes gemessen und zwar einerseits nur unter Narkosewirkung, andererseits nach Elektro-Stimulation von Akupunkturpunkten und Narkosewirkung. Dabei sollte der reine Narkoseversuch als Leerversuch für den Elektro-Stimulationsversuch bei gleicher Narkosewirkung dienen, da die Vornahme einer Elektro-Stimulation oder Blutentnahme an Katzen ohne Narkose unmöglich ist. Darüber hinausgehend interessierte aber auch das Verhalten der Werte gerade unter Narkosebedingungen.

Ziel der Arbeit war es, zu klären, ob eine signifikante Änderung eines oder mehrerer Parameter nach Elektro-Stimulation im Vergleich zum Narkose-Leerversuch eintreten würde.

II. Theoretische Grundlagen und Bedeutung des pH-, rH- und r-Wertes

1.) pH-Wert

Der pH-Wert ist definiert als der negative dekadische Logarithmus der Wasserstoffionenkonzentration

$$pH = - \log [H^+]$$

In Wirklichkeit liegen nicht H^+ , sondern H_3O^+ Ionen vor. Die Definition würde dann lauten:

$$pH = -\log [H_3O^+]$$

Der Einfachheit halber spricht man aber meist von H^+ -Ionen.

Ein Molekül oder Ion, das Protonen aufnimmt, wird als Protonenakzeptor oder Base, ein Molekül oder Ion, das Protonen und damit auch H^+ abgibt, wird als Protonendonator oder Säure bezeichnet. Die in den menschlichen Körperflüssigkeiten und Zellen vorkommenden Säuren dissoziieren zu einem größeren Anteil. Die Dissoziation gibt man vereinfacht wieder durch die Gleichung:



Das Massenwirkungsgesetz sagt aus, daß das Verhältnis der Konzentrationen bei konstantem Druck und konstanter Temperatur konstant ist:

$$\frac{[Ac]}{HAc} \times H^+ = k$$

Reines Wasser dissoziiert in geringem Ausmaß in H_3O^+ - und OH^- -Ionen.



Die Reaktion ist umkehrbar und führt zu einem allerdings stark links liegendem Gleichgewicht. In Lösungen kann die Konzentration der H_3O^+ - und der OH^- -Ionen durch Zusatz einer Säure oder Base verändert werden. Die Konzentration der H_2O Moleküle bleibt jedoch in verdünnten Lösungen praktisch konstant. Das Massenwirkungsgesetz vereinfacht sich daher für dieses Gleichgewicht, indem die Konzentration der Wassermoleküle in die Gleichgewichtskonstante K einbezogen werden kann.

$$\frac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]^2} = k; \text{ wenn } H_2O \text{ konstant:}$$

$$[H_3O^+][OH^-] = K_w$$

Die Konstante K_w wird als Ionenprodukt des Wassers bezeichnet und beträgt bei $22^\circ C$ 10^{-14} . In verdünnten wässrigen Lösungen ist das Produkt aus H_3O^+ - und OH^- -Ionenkonzentration konstant. Ist eine der Konzentrationen bekannt, so ergibt sich die andere aus der obigen Beziehung. In einer neutralen Lösung sind $[H_3O^+]$ und $[OH^-]$ gleich groß.

$$[H_3O^+] = [OH^-] = \sqrt{10^{-14}} = 10^{-7}$$

(Mol/l) bis $22^\circ C$. In sauren Lösungen überwiegt die Konzentration der H_3O^+ Ionen, in alkalischen Lösungen die Konzentration der OH^- Ionen. Durch die Angabe der einen dieser Konzentrationen ist der Charakter einer verdünnten wässrigen Lösung eindeutig gekennzeichnet. Man hat dazu die H_3O^+ -Ionenkonzentration gewählt und verwendet als Maßzahl dafür ihren negativen Logarithmus, der - wie oben angeführt - als pH bezeichnet wird.

Der Neutralpunkt der pH-Skala liegt also bei pH 7, in sauren Lösungen sind die pH-Werte kleiner als 7, in alkalischen Lösungen liegt der pH-Wert über 7. Die Skala erstreckt sich insgesamt über 14 Einheiten. (CHRISTEN und KARLSON, S. 10-11).

Der menschliche Organismus besteht u.a. aus einer Vielzahl von wässrigen Lösungen. Wegen der pH-abhängigen Aktivität der Enzyme ist es für den Körper wichtig, den pH in bestimmten Grenzen konstant zu halten. Die Normalwerte für Blut sind im arteriellen Bereich 7,45-7,35, im venösen Bereich 7,30-7,40. Bei darüberliegenden Werten spricht man von einer Alkalose, bei darunterliegenden Werten von einer Acidose. (BÜHLMANN-FROESCH, S. 196)

Der menschliche Körper ist bemüht, über die Säure-Basenregulation, auf die im Rahmen dieser Arbeit im einzelnen nicht eingegangen werden kann, den pH-Wert im oben bezeichneten Normalbereich zu halten.

2.) rH-Wert

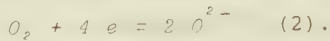
Der Ausdruck rH ist, in Analogie zum pH-Wert, der negative dekadische Logarithmus des Wasserstoffdruckes, unter welchem man sich die in die Meßlösung eingetauchte Elektrode stehend zu denken hat und dessen Größe von dem in der Lösung befindlichen Oxydations-Reduktionssystem abhängig ist. (KORDATZKI. S. 9)

$$rH = - \log P$$

Oxydation und Reduktion sind mit einem Elektronenaustausch verknüpft, wobei man unter Oxydation Entzug von Elektronen versteht, z.B.:



unter Reduktion Zufuhr von Elektronen, z.B.:



Koppelt man Reaktion (1) und (2), so erhält man die Bildung von H_2O aus den Elementen:



wobei also molekularer Sauerstoff als Oxydationsmittel für molekularen Wasserstoff wirkt und umgekehrt molekularer Wasserstoff als Reduktionsmittel für molekularen Sauerstoff. (KARLSON, S. 173)

Verläuft ein solcher Vorgang reversibel, so läßt sich die Oxyreduktionskraft eines derartigen Redoxsystems in Form des sog. Redoxpotentials messen, wenn man in die Lösung eine indifferente Platinelektrode taucht. (ZIEGLER, S. 36)

Das Metall nimmt ein für das betreffende Oxydations-Reduktionsgleichgewicht charakteristisches Potential an. Das Potential einer solchen Redoxelektrode ($ORP=E$) läßt sich im Vergleich gegen ein anderes ähnliches Halbelement von bekanntem Potential in einer galvanischen Kette messen. (ZIEGLER, S. 109)

Als Vergleichselektrode fungiert meist eine Vergleichswasserstoffelektrode, der man den Wert ± 0 Volt als Nullpunkt zuteilt. Die Vergleichselektrode ist entweder:

Eine Normalwasserstoffelektrode, d.h. sie taucht in eine Lösung, deren H^+ -Ionenkonzentration normal ist, d.h. deren $pH = 0$ ist. (EH_0),

oder sie taucht in eine Lösung, deren $pH 7$ ist (EH_7); bei diesem pH -Wert sind die Enzyme im menschlichen Organismus aktiv,

oder eine gesättigte Kalomelektrode (E_{kal}),

oder eine Silber-Silberchloridelektrode. (KORDATZKI, S. 4-6)

Beispiel für eine elektrochemische Redoxkette: (KARLSON, S. 174)

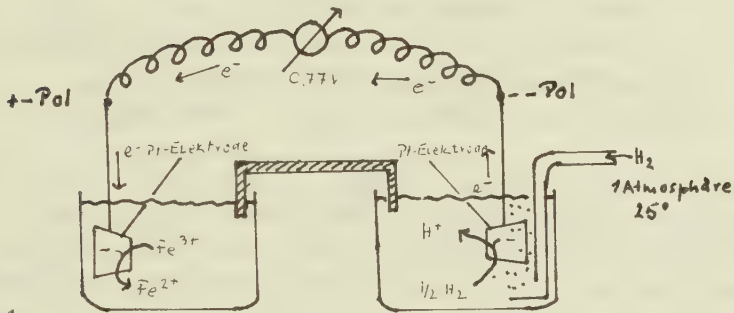


Abb. 1

Die Spannung einer galvanischen Kette ist nicht nur von den gekoppelten Substanzen abhängig, sondern auch von deren Ionenkonzentration. Deshalb führte man den Begriff des Normalpotentials ein, d.i. das Potential einer Mischung der oxydierten und reduzierten Stufe zu gleichen Teilen gegenüber der Normalwasserstoffelektrode (E_0) bei 25° C und 760 mmHg. (ZIEGLER, S. 32)

Man wählte also die Wasserstoffzelle willkürlich als Bezugselektrode für alle weiteren Angaben, (wie z.B. den Eispunkt als 0-Punkt der Celsiusskala).

In der unbelebten Natur fand man auf diese Weise die Spannungsreihe der Metalle, in der belebten Natur Redoxpotentiale der biologischen Redoxsysteme, z.B. die Atmungsfermente der Atmungskette, Aminosäuren (Cystin-Cystein) und Vitamine (Vitamin C). Das Redoxpotential ist ein thermodynamischer Begriff. Die gesetzmäßigen Beziehungen des Redoxpotentials zu Temperatur, Wertigkeit und Konzentration lassen sich durch die NERNST'SCHE bzw. PETERS'SCHE Gleichung mathematisch formulieren:

$$E_n = E_0 + \frac{RT}{n \cdot F} \cdot \ln \frac{C_{ox}}{C_{red}}$$

E_0 = Normalpotential der Elektrode,
 R = Gaskonstante $8,315 \text{ Joule Grad}^{-1}$,
 T = Absolute Temperatur in $^{\circ}\text{K}$,
 n = Wertigkeit des Ione (bzw. Zahl der Ladungen e)
 F = Elementarladung $e = 96500 \text{ Coulomb}$,
 E_n = Spannung der Kette in Volt (KARLSON, S. 175)

Oxydoreduktionspotentiale kommen, wie gesagt, in Lösungen vor, welche oxydierbare und reduzierbare Stoffe enthalten. Fassen wir nun das Potential einer Oxydoreduktionselektrode auf wie das Potential einer H_2 -Elektrode, welche mit H_2 von einem Druck gesättigt ist, der vom Oxydations- bzw. Reduktionsvermögen der Lösung abhängt. Bezeichnet man mit P_1 den H_2 -Druck der Vergleichselektrode (ist = 1) und mit P_2 den H_2 -Druck der Meßelektrode und nimmt man $n = 2$, so ergibt sich durch Umformung aus dem NERNST'SCHEN Gesetz:

$$E = - 28,85 \times \log P_2$$

Man bezeichnet nun

$$- \log P = rH,$$

sodaß folgende Beziehung gilt:

$$rH = \frac{E}{28,85} \quad (\text{bei } 18^{\circ} \text{ C}),$$

wobei E in einer Oxydationsreduktionskette $= E_{\text{H}7} + \text{pH} \times 57,7 - (7 \times 57,7)$ bei 18° C ,

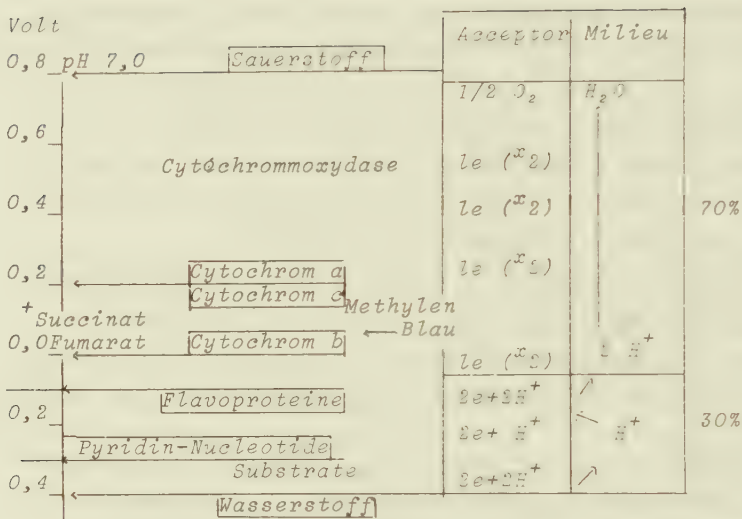
wobei mit pH der pH der Meßlösung bezeichnet wird, da Meß- und Vergleichselektrode nicht in eine Lösung von gleichem pH eintauchen, sondern der pH der Vergleichselektrode standartisiert ist. $E_{\text{H}7}$ muß deshalb immer zusammen mit dem pH angegeben werden, wohingegen der rH -Wert eine Größe darstellt, deren Betrag praktisch unabhängig vom pH -Wert ist, vor allem, wenn die pH -Werte in

einem ähnlichen Bereich liegen und somit das Oxydoreduktionspotential (E) eindeutig definiert ist. (ZIEGLER, S.44).

Die rH-Skala reicht von 0, was einem H_2 -Druck von 1 bar entspricht, bis 42, was einem Wasserstoffdruck von 10^{-42} bar bzw. einem O_2 -Druck von 1 bar entspricht. Der Neutralpunkt liegt bei rH 28, wobei sich hier der Wasserstoffdruck zum Sauerstoffdruck verhält wie 2:1.

Eine Lösung, die einen rH-Wert von 0 hat, ist eine Lösung von starker Reduktionskraft (Elektronen abgebend), eine Lösung, die sich einem rH-Wert von 42 nähert, ist eine Lösung von starker Oxydationskraft (Elektronen entziehend).

Im lebenden Organismus haben wir es jedoch nicht mit einfachen thermodynamischen Gleichgewichten, sondern mit kinetischen zu tun. BERTALANFFY hat dafür den Ausdruck "Fließgleichgewicht" eingeführt. (ZIEGLER, S. 109). Im Körper finden ständig im Fließgleichgewicht befindliche Oxyreduktionsvorgänge statt. Bei der biologischen Oxydation werden die vorhandenen kohlestoffhaltigen Energieträger zu CO_2 abgebaut, wobei ihnen stufenweise Substrat- H_2 und Elektronen als $NADH_2$ von Dehydrogenasen entzogen werden. Der Wasserstoff wird in Form des $NADH_2$ in der sog. Atmungskette (Zellatmung in den Mitochondrien) oxydiert durch ein in der Spannungsreihe der biologischen Redoxsysteme positiveres (höherstehendes) reversibles Redoxsystem, dem es H_2 und Elektronen zuführt und es damit also reduziert. Kaskadenartig sind nun mehrere Systeme hintereinandergeschaltet, wobei auf den verschiedenen Stufen die freiwerdende Energie in Form von ATP gebunden wird und wobei am Ende der Kette O_2 durch das WARBURG'SCHE Ferment reduziert wird, sodaß $O_2 + 2e \longrightarrow O^{2-}$, das sich dann mit dem freiwerdenden Wasserstoff zu H_2O vereinigt.



(ZIEGLER,
S. 16)

Abb. 2

Das Redoxpotential des biologischen Milieus wird also bestimmt durch die Intensität folgender gegensätzlicher Einflüsse:

Durch den oxydierenden Zug des stets vorhandenen Sauerstoffs auf die reversiblen Redoxsysteme einerseits und durch den reduzierenden Zug der Wasserstoff übertragenden Fermente andererseits, der seinerseits abhängig ist von der Intensität des abbauenden Stoffwechsels.

Der Stoffwechsel der Erythrozyten unterliegt den gleichen Steuerungsvorgängen wie Oxydations-Reduktionsvorgänge in den anderen Organen und Geweben. (ZIEGLER, S. 103) Der rH-Wert des Blutes gibt also Einblick in die Stoffwechselaktivität des gesamten Organismus. Zum anderen ist der rH-Wert der O₂-Konzentration des Blutes direkt proportional.

Einem sinkenden rH-Wert entspricht also eine Hemmung der Oxydationskette oder eine Steigerung der Reduktionsintensität oder eine sinkende Sauerstoffkonzentration. Sinkender rH wurde beobachtet z.B. bei kachektischen Patienten, bei

Tumorpatienten, postoperativ, im Schock und in tiefer Narkose. (REHN)

Einem steigenden rH-Wert entspricht also eine beschleunigte Oxydation des anfallenden Substrat-Wasserstoffs, d.h. eine Aktivierung der Verbrennungsprozesse und damit eine Leistungssteigerung und Energiefreisetzung. (ZIEGLER, S.75) Ebenfalls kann ihm eine höhere Sauerstoffkonzentration des Blutes entsprechen oder eine gesteigerte Eiweissynthese. Postoperativ wurden ansteigende rH-Werte in der Überwindungsphase gemessen.

3.) r-Wert

Nach dem OHM'SCHEN Gesetz für elektrische Leiter gilt

$$U = R \times I$$

wobei U = Spannung, I = Stromstärke. Der Quotient (U/I) ist also konstant, was bedeutet, daß die angelegte Spannung und die Stromstärke in einem metallischen Leiter einander proportional sind. (STUART-KLAGES, S. 147). Die Proportionalitätskonstante R besitzt je nach Leiter einen charakteristischen Wert, wobei also folgende Gesetzmäßigkeit gilt:

$$\text{Widerstand} = \frac{\text{Spannung zwischen den Enden des Leiters}}{\text{Strom in Leiter}}$$

Je größer R ist, umso höher ist die erforderliche Spannung, um denselben Strom zu erhalten.

Die Einheit des elektrischen Widerstandes ist:

$$\frac{V}{A} = \Omega$$

Der reziproke Wert des Widerstandes ($\frac{1}{R}$) wird als Leitfähigkeit eines Stoffes für den elektrischen Strom bezeichnet. (Einheit: $\frac{1}{\Omega} = \text{SIEMENS}$).

Der Widerstand eines Leiters ist seiner Länge l direkt proportional und seinem Querschnitt F umgekehrt proportional. Es ist also:

$$R = \rho \frac{l}{F}$$

wobei ρ = spezifischer Widerstand (Einheit: $\Omega \text{ cm}$). Der spezifische Widerstand ist eine Materialkonstante. Er wird bei dem von uns verwendeten Gerät mit r statt mit ρ bezeichnet.

Um verschiedene Leiter vergleichen zu können, gibt man den Widerstand mit 1 cm Länge und 1 cm^2 Querschnitt an. ($R = \rho = r$).

Das OHM'SCHE Gesetz gilt auch für elektrolytische Widerstände. Jede Elektrizitätsleitung beruht auf der Wanderung von Ladungsträgern im elektrischen Feld. In Flüssigkeiten sind die Ladungsträger Ionen, d.h. geladene Atome oder Atomgruppen. In wässriger Lösung tritt eine elektrolytische Dissoziation von Salzen, Säuren und Basen in ihre Ionen ein. Diese können unter dem Einfluß eines elektrischen Feldes zu den Elektroden wandern und dort ihre Ladung abgeben, wobei die positiven Kationen zur negativen Kathode wandern, während die negativen Anionen zur positiven Anode wandern. (FRITZSCHE).

Mit steigender Temperatur wird der Widerstand geringer und zwar um ca. 2% pro Grad Celsius.

Die Normalwerte des spezifischen Widerstandes für menschliches Blut liegen im Bereich von 150 $\Omega \text{ cm}$ bis 200 $\Omega \text{ cm}$.

Menschliches Blut stellt einen elektrolytischen Leiter dar. Die H^+ -Ionenkonzentration nimmt eine besondere Stellung ein und ist unter dem pH-Wert beschrieben. Stellt man die restlichen Kationen und Anionen des Blutplasmas einander gegenüber, dann erhält man das in Abb. 3 dargestellte Diagramm. (KARLSON, S.347)

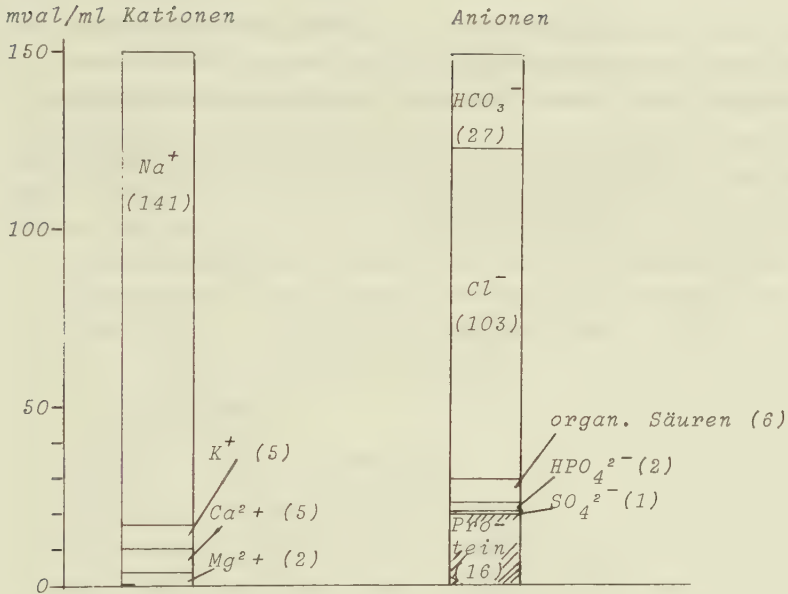
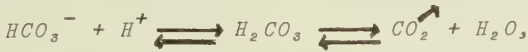


Abb. 3

Man kann sich eine solche Flüssigkeit zusammengesetzt denken aus den Basen NaOH, KOH, Ca(OH)₂, Mg(OH)₂ und den Säuren H₃PO₄, H₂SO₄, HCl und Protein. Für das Bicarbonat-Ion, das 27 mvl/l ausmacht, müßte man die Säure H₂CO₃ verwenden, die bekanntlich im Gleichgewicht steht mit CO₂:



wobei CO₂ bekanntlich flüchtig ist.

Die Bedeutung des spezifischen elektrischen Widerstandes liegt darin, daß man mit ihm die Summe aller in einer Lösung befindlichen Ionen mißt und somit ein Maß für die Konzentration an Elektrolyten erhält, die wiederum direkt proportional dem osmotischen Druck ist.

Einem niedrigen Widerstand (d.h. einer hohen Leitfähigkeit) entspricht eine hohe Konzentration an Elektrolyten,

eine große Ionenbeweglichkeit und eine große durchschnittliche Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen. Einem hohen Widerstand (d.h. einer geringen Leitfähigkeit) entspricht eine geringe Konzentration an Elektrolyten, eine niedrige Ionenbeweglichkeit und eine geringe durchschnittliche Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen.

III. Material und Methodik

1.) Versuchstiere

Die Versuche wurden an fünf gesunden Katzen des Tierstalls der chirurgischen Poliklinik München vorgenommen. Die Katzen werden in der vorliegenden Arbeit als Katzen 1 - 5 bezeichnet. Sie waren zu Beginn der Versuche durchschnittlich 2 1/2 Jahre alt, ihr durchschnittliches Gewicht betrug während der Dauer der Versuche 3,5 kg.

2.) Versuchsaufbau

Die Versuchsreihe bestand aus:

a) Leerversuche mit Narkose

An fünf Terminen wurden alle Katzen untersucht.

b) Elektro-Stimulationsversuche mit Narkose

An insgesamt fünf Terminen wurden alle Katzen untersucht und zwar wurde an zwei Terminen die Elektro-Stimulation an beiden Vorder- und Hinterextremitäten vorgenommen, an drei Terminen wurde die Elektro-Stimulation an beiden Vorder- und Hinterextremitäten und an beiden Ohren vorgenommen.

c) Kontrollversuche

An zwei Terminen wurde an allen Katzen der Einfluß der Gerinnung auf die Meßwerte untersucht.

3.) Versuchsablauf

a) Allgemeine Bedingungen

Um an den Katzen sowohl eine Blutentnahme als auch in der Hälfte der Fälle eine Elektro-Stimulation vornehmen zu können, mußten die Versuchstiere narkotisiert werden. Den seit dem vorherigen Abend nüchternen Katzen wurde - je nach

Gewicht - im Durchschnitt 0,2 ml Rompun und 0,4 ml Vetalar pro Katze intramuskulär injiziert.

Die Tageszeit des Versuchsbeginns wurde möglichst konstant gehalten und zwar begannen die Versuche jeweils zwischen 14.00 und 15.00 Uhr.

Der Abstand zwischen den Versuchen betrug ca. 8 Tage.

Es wurde darauf geachtet, daß die Katzen während der gesamten Dauer der Versuche die gleiche Nahrung zu sich nahmen. Die Zimmertemperatur schwankte zwischen 22° und 24° C.

b) Leerversuche mit Narkose

10 - 30 Minuten nach Narkosebeginn wurde die erste Blutentnahme vorgenommen. Die Arteria und Vena caudalis am Schwanz der Katze wurden freigelegt, und das so gewonnene arteriovenöse Mischblut wurde schnell und ungestaut in einen dafür vorgesehenen Elektrodenuntersatz der Firma PITTERLING-ELEKTRONIK, München, getropft. Es handelte sich also um eine aerobe in vitro-Bestimmung bei Zimmertemperatur und tropfendem Blut. Die Zeit der Auffüllung des Elektrodenuntersatzes betrug 1 Minute, die Meßmenge betrug 1 ml. Die Elektrode wurde sofort in den mit Blut gefüllten Untersatzer eingeführt und die Messung mit dem Biometer der Firma PITTERLING-ELEKTRONIK begonnen. Wegen des hochohmigen Eingangswiderstandes des Meßgerätes und der nötigen Dämpfung durften die Meßwerte - pH, rH und r - erst nach ca. 3 Sekunden (Zeitkonstante 0,6 Sek.) abgelesen werden. Es wurde versucht, genau denselben Zeitpunkt des Ablesens der Meßwerte einzuhalten. Ohne irgendwelche weitere Einwirkung auf die Katzen wurden nun Messungen zu späteren Zeitpunkten wiederholt und zwar an drei Versuchsterminen eine Messung nach weiteren 30 Minuten, an zwei Versuchsterminen drei bis vier Messungen im Abstand von jeweils 15 Minuten. Bei jedem Leerversuch mit

Narkose wurden mindestens zwei Blutproben und höchstens fünf Blutproben von jeder Katze entnommen und der pH-, rH- und r-Wert einer jeden Blutprobe gemessen.

Während der Dauer der Versuche wurden Lid-, Konjunktival-, Corneareflex und Pupillengröße kontrolliert. Außerdem wurde die Atmung der Tiere beobachtet.

c) Elektro-Stimulationsversuche mit Narkose

Es wurden die gleichen Versuchsbedingungen wie beim Leer-versuch sorgfältig eingehalten, mit der Ausnahme, daß nach der ersten Blutentnahme für 25 Minuten eine - unten zu beschreibende - Elektro-Stimulation vorgenommen wurde; dann wurde - ca. 30 Minuten nach der 1. Blutentnahme - unter laufender Stimulation eine 2. Blutentnahme vorgenommen, an die sich z.T. weitere Blutentnahmen unter Stimulation und nach Abbruch der Stimulation anschlossen.

Das Prinzip der Elektro-Stimulation ist, daß bestimmte Reizpunkte der Haut über das Einstechen von Stahlnadeln und unter Anlegen eines Stromes an diese Stahlnadeln stimuliert werden.

Die verwendeten Nadeln waren rostfreie Stahlnadeln.

Die angewandten Reizpunkte waren Punkte, die von der Akupunkturüberlieferung her bekannt sind als Punkte mit breiter allgemeiner Wirkung und Stoffwechselwirkung. In Analogie zur topographischen Lage beim Menschen wurden die Punkte bei der Katze aufgesucht. An zwei Terminen wurde die Elektro-Stimulation an beiden Vorder- und Hinterextremitäten vorgenommen und zwar in Analogie zu den beim Menschen mit M 36 und Di 10 bezeichneten Punkten; an drei Terminen wurde die Elektro-Stimulation zusätzlich an beiden Ohren in einem Bereich, auf den sich nach der Überlieferung die Leber projiziert, vorgenommen. (BISCHKO und KÖNIG-WANCURA).

Über das Aku-Impulsgerät der Firma PITTERLING-ELEKTRONIK

wurde bei einer Frequenz von 10 Hz eine Stromstärke von 0,8 mA an die Nadeln angelegt. Die Polung der Impulse war jeweils gleich, wobei die obere und untere Extremität einer Seite und beide Ohren miteinander verbunden ein Elektrodenpaar darstellte.

d) Kontrollversuche

Um den Einfluß der Gerinnung auf die Messwerte festzustellen, wurde an zwei Terminen bei allen Katzen das für die Messung gewonnene Blut solange beobachtet, bis keine Änderung der Meßwerte mehr eintrat, was einem Zeitraum von ca. 7 Minuten entsprach.

e) Meßmethodik und Fehlerquellen bei der Bestimmung
von pH, rH und r

aa) pH-Wert

Zur pH-Messung wurde eine Silber-Silberchloridelektrode verwendet. Sie liefert ein Potential nach der Formel:

$$E = - \frac{RT}{F} \ln [H^+]$$

Bei 20° C beträgt das Elektrodenpotential $E = 0,058 \log [H^+]$. Löst man diese Formel nach dem pH-Wert auf, erhält man folgende Gleichung:

$$pH = \frac{E}{0,058}$$

Das Elektrodenpotential wurde in einem Elektrometerverstärker (Eingangswiderstand $> 10^{12} \Omega$) gemessen und verstärkt, der Meßwert anschließend digitalisiert und zur Anzeige gebracht. Die Anzeigegenauigkeit betrug 0,01 pH-Einheiten.

Der elektrische Nullpunkt der pH-Elektrode lag bei einem pH von 7,1. Zur Eichung wurde eine Standardpuffer-

lösung mit einem pH-Wert von 6,90 bei 20° C verwendet. Die Steilheit der Elektrode sowie die Temperaturkompensation wurde mit einem pH-4-Puffer bestimmt und die Verstärkung danach justiert.

Mögliche Fehlerquellen bei der Messung:

Durch die Art der aeroben Messgutgewinnung wurden die pH-Werte zum alkalischen Bereich hin verschoben. Da das Blut in den Elektrodenuntersatz tropfte, konnte CO₂ entweichen. Es wurde versucht, diesen Fehler durch gleichmäßige Versuchsdurchführung konstant zu halten.

bb) rH-Wert

Die Meßanordnung bestand aus einer Einstabredoxelektrode der Firma INGOLD, München, mit einer üblichen Silber-Silberchloridbezugselektrode und einem Platinring. Als Meßverstärker diente der pH-Meßverstärker mit einer der rH-Skala angepaßten Eichung. Der Elektrodenwiderstand betrug 2×10^8 MegOhm, sodaß das Redoxpotential unbeeinflusst durch den Meßverstärker bestimmt werden konnte. Die gemessenen Spannungen wurden so digitalisiert, daß die Meßwerte als direkte rH-Werte mit einer Genauigkeit von 0,1 rH-Einheiten abgelesen werden konnten.

Die Eichung der rH-Skala erfolgte mit einer Chinhydronlösung, die vor dem Eichvorgang frisch angesetzt wurde. Die Chinhydronlösung der Firma MERCK liegt im Bereich von 20° - 25° C bei 23,6 rH. Als zweiter Eichpunkt diente eine rH-Eichlösung der Firma INGOLD, die je nach Temperatur einen Wert von 28-29 rH hatte, (bei 22° C : 28,6 rH).

Mögliche Fehlerquellen bei der Messung:

Wie oben bereits angegeben, handelt es sich bei unseren Messungen um aerobe invitro-Bestimmungen bei einer Zimmertemperatur von 22° - 24° C. Aerobe rH-Werte liegen durch Aufnahme von Luftsauerstoff durch das Blut positiver als rH-Werte, die unter anaeroben Bedingungen bestimmt werden. (ZIEGLER, S.10-13)

Durch die Art der Bestimmung des Meßwertes handelt es sich hierbei jedoch um eine konstante Verschiebung.

cc) r-Wert

Die Bestimmung der r-Werte geschah zwischen zwei elektrolytischen platiniierten Meßpunkten. Der Widerstand wurde in einer Wechselspannungsmessung bestimmt, um die elektrolytische Zersetzung des gelösten Stoffes bei gleichzeitiger Polarisierung der Elektroden zu vermeiden.

Die Eichung erfolgte durch direkten Kurzschluß der Meßeingänge (0,1) unter Verwendung einer n/10 KCL-Lösung.

Mögliche Fehlerquellen bei der Messung:

Nach Abschluß der Versuche wurde durch Untersuchungen der Herstellerfirma bekannt, daß wegen eines gerätetechnischen Fehlers die Streubreite des r-Wertes relativ groß war.

IV. Ergebnisse

1.) Darstellung der Ergebnisse

Zur Auswertung herangezogen wurden fünf Leerversuche mit Narkose und fünf Elektro-Stimulationsversuche mit Narkose. Nach dem zeitlichen Aufeinanderfolgen wurden sowohl die Termine für die Leerversuche als auch für die Elektro-Stimulationsversuche mit Versuch I bis V bezeichnet. In den Tabellen wird die erste Blutentnahme mit 1., die Blutentnahme nach ca. 30 Minuten mit 2. bezeichnet.

Im Anhang sind die Meßprotokolle jedes Termins mit allen Daten beigelegt.

Für die tabellarische Darstellung wurden die ersten beiden im Abstand von 30 Minuten auseinanderliegenden Werte verwendet. (Mit 1. und 2. bezeichnet.) Beigelegt ist die Mittelwertbestimmung aller 1. bzw. 2. Werte für alle Termine pro Katze und die Mittelwertbestimmung aus diesen Werten für alle Katzen und aller Termine einerseits zum ersten, andererseits zum zweiten Zeitpunkt der Messung. Die Werte dieser Tabellen wurden für die weiter unten beschriebene statistische Auswertung herangezogen.

Weiterhin erfolge eine Darstellung in Form von Zeit-Änderungs-Diagrammen, wobei die Zeitachse (in Minuten), den Abstand zwischen den Blutentnahmen deutlich macht und den Abstand zum Narkosebeginn (Nullpunkt), während die Änderung als absolute Änderung in Δ rH-, Δ pH- oder Δ r-Einheiten dargestellt wurde. Jeweils wurden für eine Katze alle Kurven, die sich aus den Leerversuchen mit Narkose ergeben, in einem Diagramm allen Kurven der Elektro-Stimulationsversuche mit Narkose in einem zweiten Diagramm gegenübergestellt. In diesen Kurven sind also alle gemessenen Änderungen und ihre zeitliche Beziehung untereinander und zum Narkosebeginn dargestellt.

Weiterhin erfolgte eine Darstellung in Form von sog. Änderungssäulen. Hierbei wurden erstens die absoluten Änderungen zwischen dem sog. 1. und 2. Meßwert des Leerversuchs mit Narkose den Änderungen zwischen dem 1. und 2. Meßwert des Elektro-Stimulationsversuchs für jede Katze gegenübergestellt. Beigefügt ist jeweils die Änderung zwischen dem Mittelwert der 1. Meßwerte über alle Termine und dem Mittelwert der 2. Meßwerte über alle Termine.

Zweitens wurden die so gefundenen Mittelwertsäulen der fünf Katzen einander für den Leerversuch mit Narkose und den Elektro-Stimulationsversuch mit Narkose gegenübergestellt. Beigefügt wurde die Änderung zwischen dem Mittelwert der ersten Messung über alle Termine und alle Katzen und dem Mittelwert der 2. Messung über alle Termine und alle Katzen.

Die genauen Daten, die jeweils den Terminen I bis V entsprechen, sind den beigefügten Meßprotokollen zu entnehmen.

2.) Darstellung der Tabellen, Diagramme und Änderungssäulen

Nachfolgend sind die oben beschriebenen Tabellen (1-3), Diagramme und Änderungssäulen (Abb. 4-36) für den pH-, rH- und r-Wert dargestellt.

Mittelwerte über alle Termine für jede Katze

Mittelwerte
über 5 Katzen
und 5 Termine

TABELLE I: pH-Werte
LEERVERSUCHE mit Narkose

Katze 1	7,54	7,52	7,56	7,56	7,60	7,61	7,47	7,54	7,57	7,57
Katze 2	7,56	7,48	7,67	7,67	7,65	7,73	7,33	7,32	7,54	7,56
Katze 3	7,65	7,63	7,61	7,66	7,75	7,77	7,58	7,48	7,55	7,55
Katze 4	7,53	7,56	7,52	7,44	7,66	7,60	7,27	7,44	7,65	7,64
Katze 5	7,63	7,66	7,60	7,53	7,68	7,65	7,52	7,64	7,50	7,51
									7,61	7,62
Termine	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
	I	I	II	II	III	III	IV	IV	V	V
Katze 1	7,38	7,52	7,54	7,68	7,72	7,69	7,44	7,42	7,64	7,68
Katze 2	7,55	7,64	7,73	7,62	7,75	7,70	7,58	7,56	7,48	7,67
Katze 3	7,57	7,56	7,62	7,60	7,57	7,70	7,50	7,55	7,62	7,78
Katze 4	7,50	7,62	7,27	7,44	7,56	7,63	7,31	7,55	7,65	7,66
Katze 5	7,69	7,68	7,52	7,59	7,58	7,65	7,57	7,61	7,50	7,80
									7,55	7,62

ELEKTRO-STIMULATIONSVERSUCHE mit Narkose

Mittelwerte über alle Termine für jede Katze

Mittelwerte
über 5 Katzen
und 5 Termine

TABELLE II: rH-Werte
LEERVERSUCHE mit Narkose

	24,5	20,8	19,7	20,0	25,8	22,5	23,5	21,1	21,2	20,4	21,60	20,04
Katze 1	24,5	20,8	19,7	20,0	25,8	22,5	23,5	21,1	21,2	20,4	22,94	20,96
Katze 2	23,0	19,2	19,0	18,0	24,5	21,1	22,9	20,8	21,2	19,3	22,12	19,68
Katze 3	21,0	20,8	19,5	19,3	23,8	21,0	23,2	20,8	20,6	20,1	21,62	20,4
Katze 4	20,6	19,6	20,8	20,4	19,6	18,9	21,3	14,0	20,3	20,6	20,52	18,58
Katze 5	20,6	20,4	20,8	20,4	19,2	19,1	21,9	22,3	21,6	20,9	20,82	20,62
	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.
Termine	I	I	II	II	III	III	IV	IV	V	V		
Katze 1	20,6	20,2	13,8	18,9	21,9	20,4	20,1	20,0	19,5	19,9	19,18	19,88
Katze 2	19,5	19,6	18,1	18,1	20,2	20,2	20,5	20,6	19,9	20,3	19,64	19,76
Katze 3	19,5	19,8	16,6	18,7	18,7	18,7	19,5	20,1	19,8	20,4	18,82	19,54
Katze 4	19,1	19,1	17,9	18,1	19,6	19,4	20,4	19,3	20,4	21,3	19,48	19,44
Katze 5	19,5	19,8	16,6	18,9	19,3	19,5	19,8	20,4	20,2	20,4	19,08	19,80
											19,24	19,68

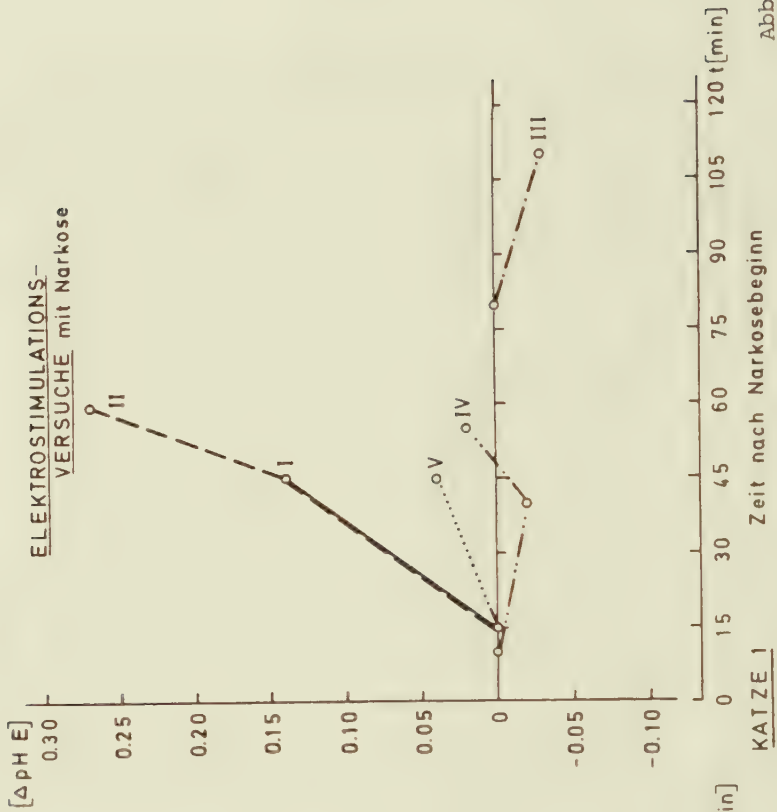
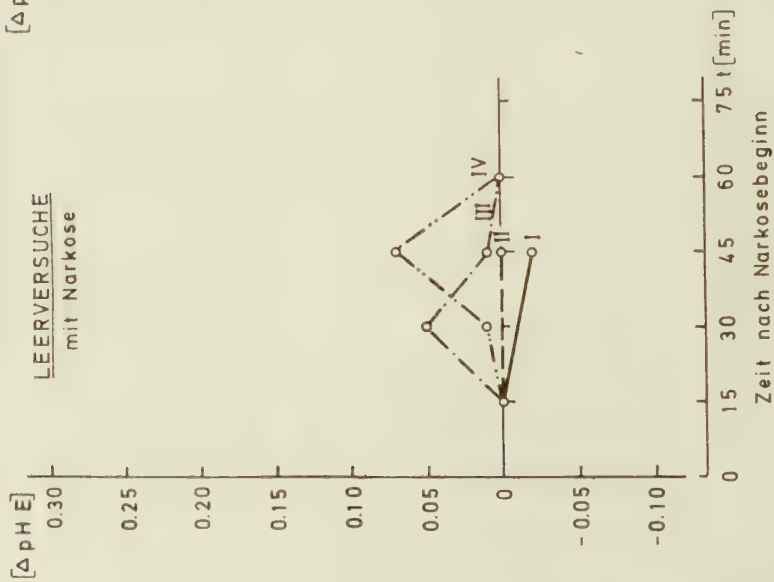
ELEKTRO-STIMULATIONSVERSUCHE mit Narkose

Mittelwerte über alle Termine für jede Katze

TABELLE III: r-Werte
LEERVERSUCHE mit Narkose

Katze	Mittelwerte über 5 Katzen und 5 Termine														
	134,2	130,45	125,4	121,4	146	130	116,8	121,25	136,2	131	146,6	148,6	1. 2.	1. 2.	1. 2.
Katze 1	126	130	127	133	149	131	112	98	113	115			1. 2.	1. 2.	1. 2.
Katze 2	144	143	156	130	149	120	138	118	143	139					
Katze 3	126	112	109	130	116	129	116	114							
Katze 4	168	117	124	134	131	132	141	132	117	140					
Katze 5	147	140	138	143	147	168	161	164	140	128					
Termine	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.	1.	2.			1.	2.	
	I	I	II	II	III	III	IV	IV	V	V					
Katze 1	150	132	158	123	125	129	117	99	122	121			134,4	120,8	
Katze 2	158	132	136	180	142	151	124	110	148	133			141,6	142,4	
Katze 3	112	117	135	113	98	138	121	107	113	111			135,8	137,2	
Katze 4	197	146	181	130	157	137	143	133	148	129			165,2	135	
Katze 5	180	163	163	142	151	139	188	153	137	147			163,8	148,8	
															148,16 136,84

ELEKTRO-STIMULATIONSVERSUCHE mit Narkose



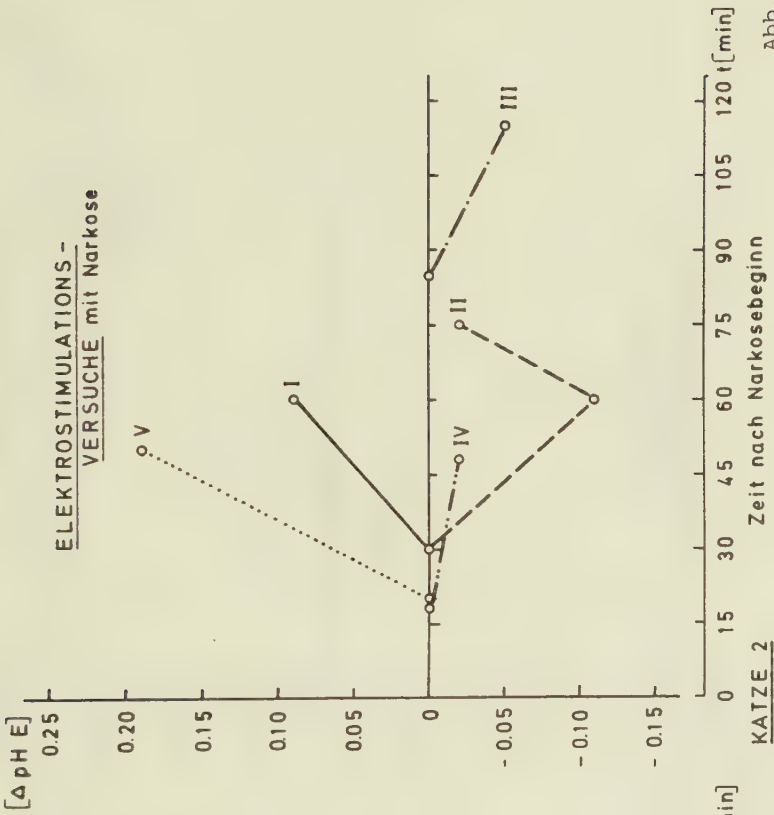
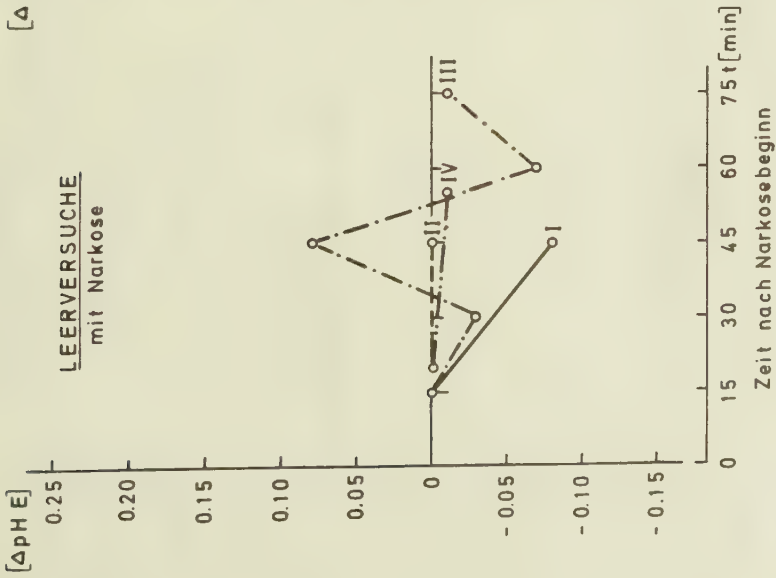
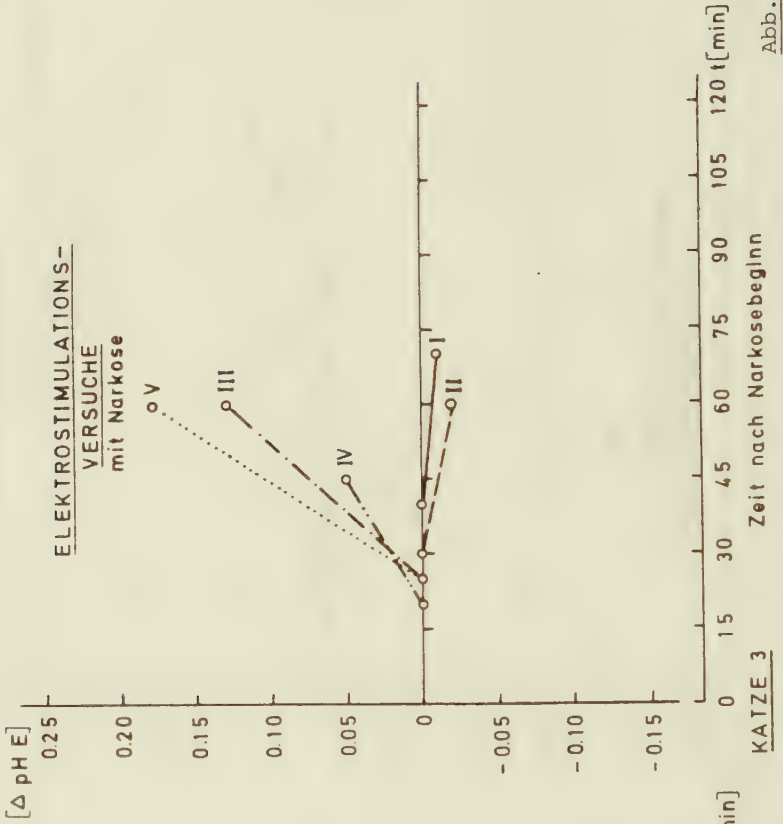
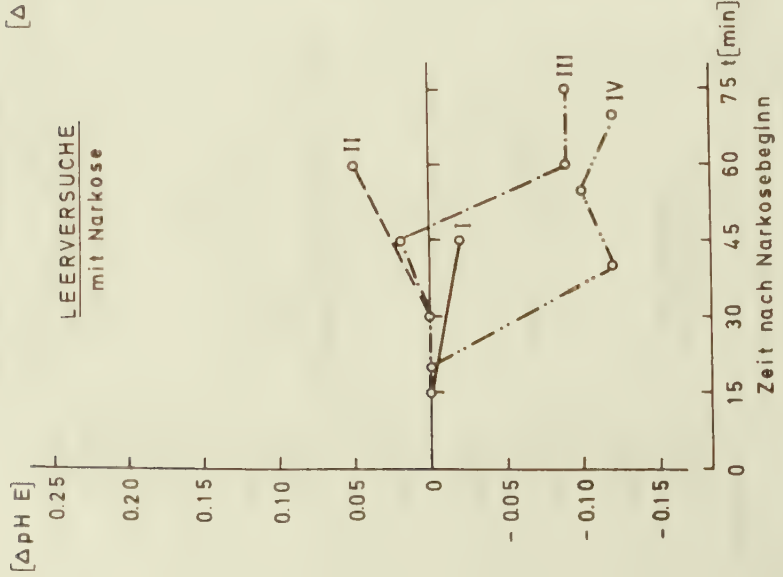


Abb. 5



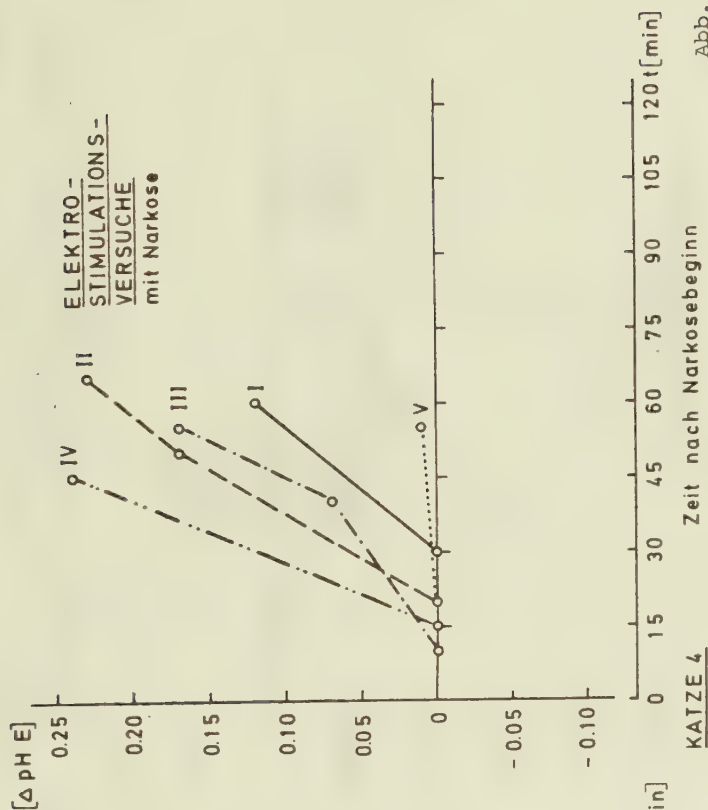
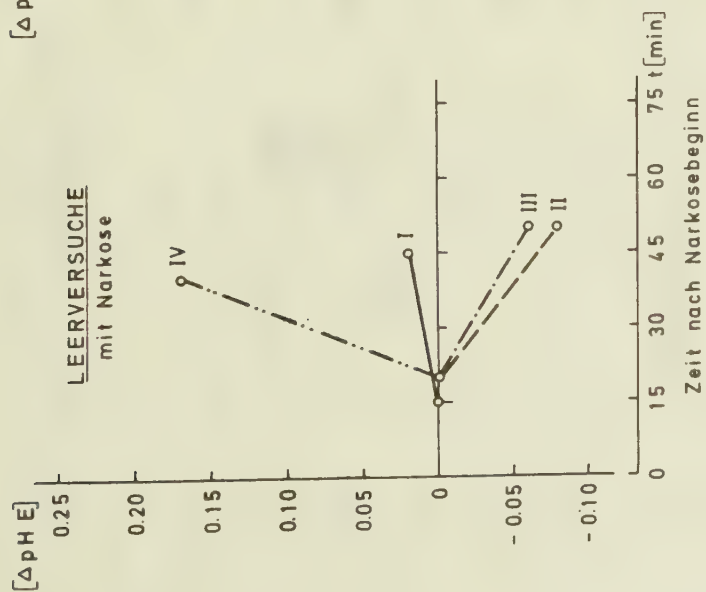


Abb. 7

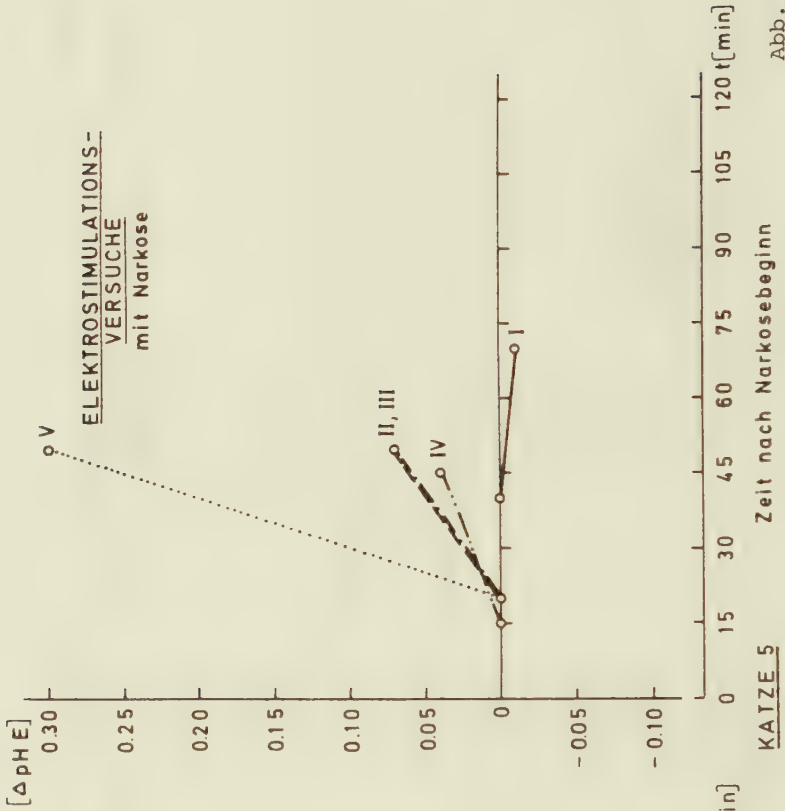
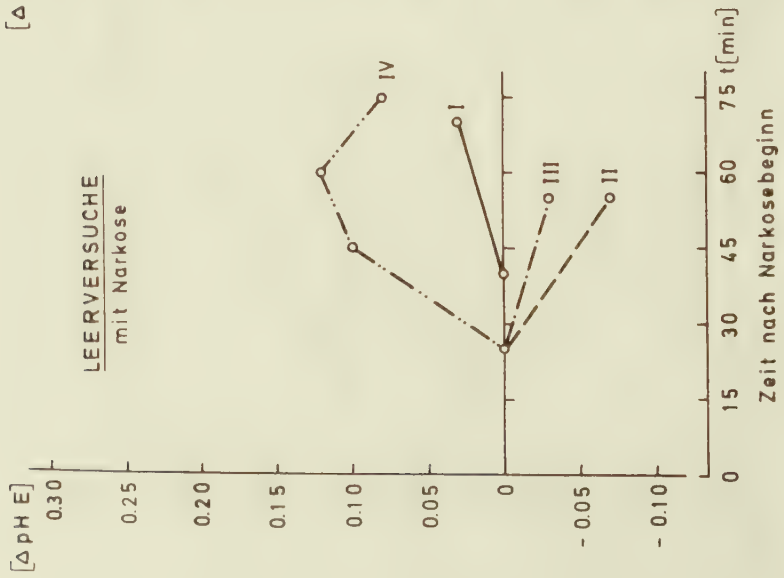
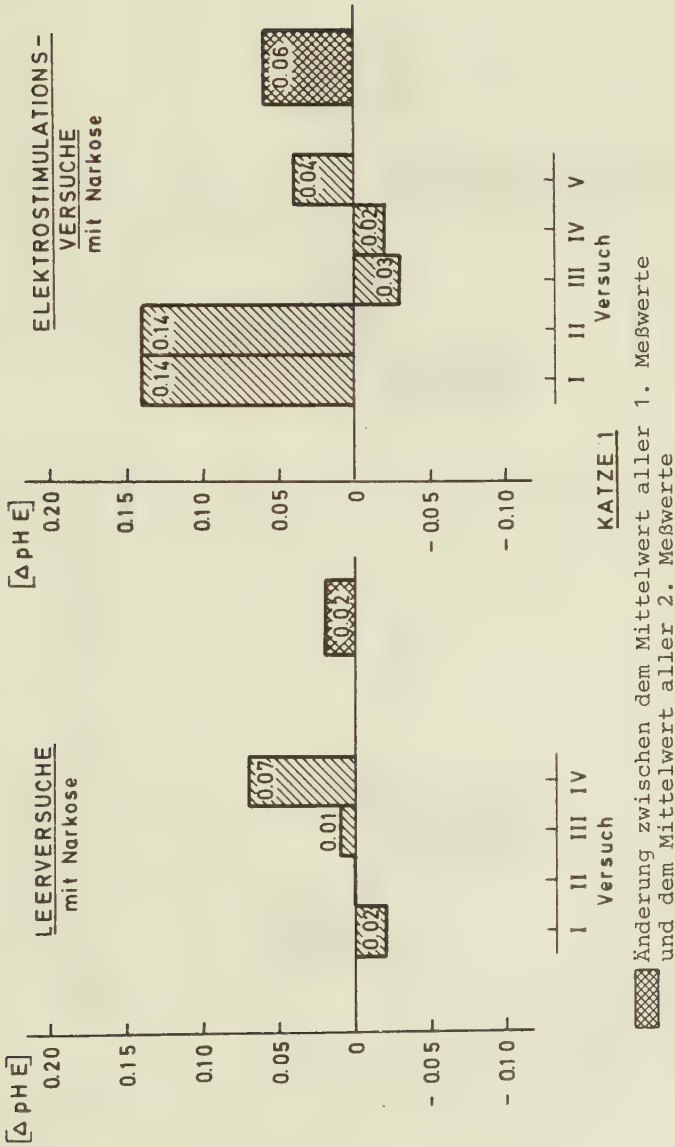


Abb. 8



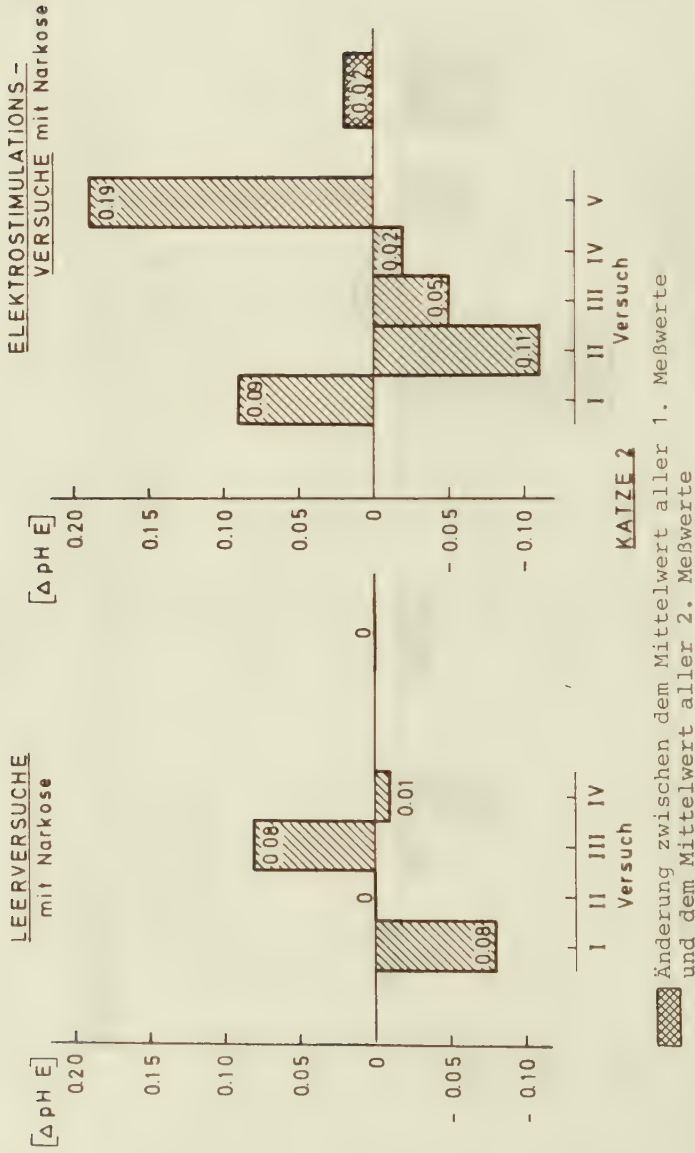
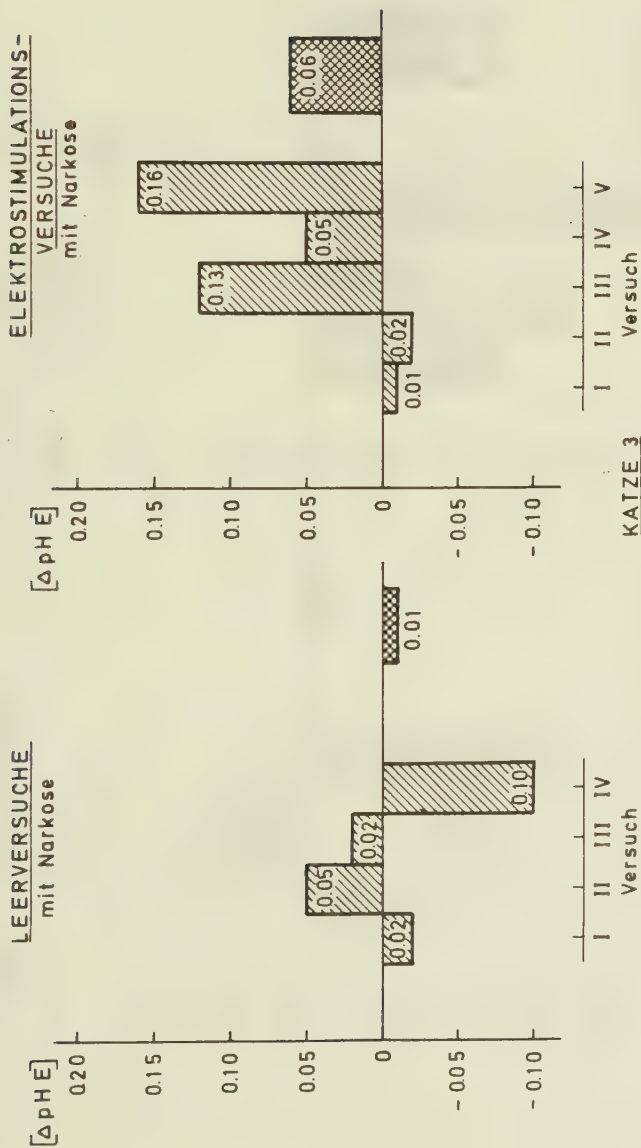
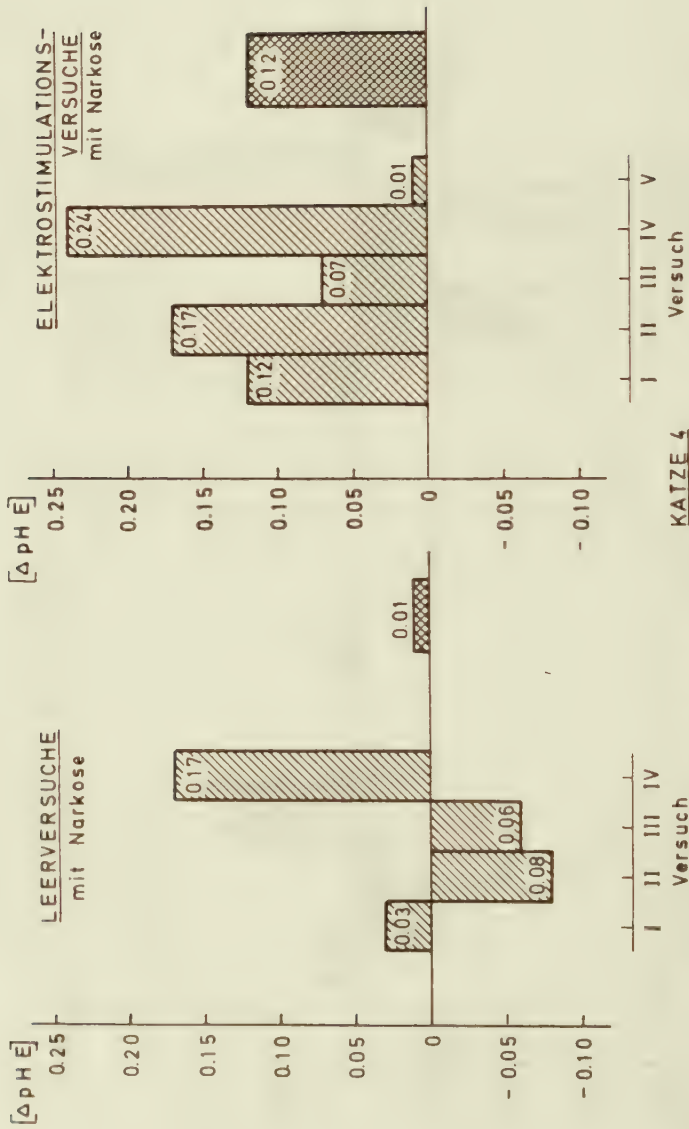


Abb. 10



Änderung zwischen dem Mittelwert aller 1. Meßwerte
und dem Mittelwert aller 2. Meßwerte



Änderung zwischen dem Mittelwert aller 1. Meßwerte
und dem Mittelwert aller 2. Meßwerte

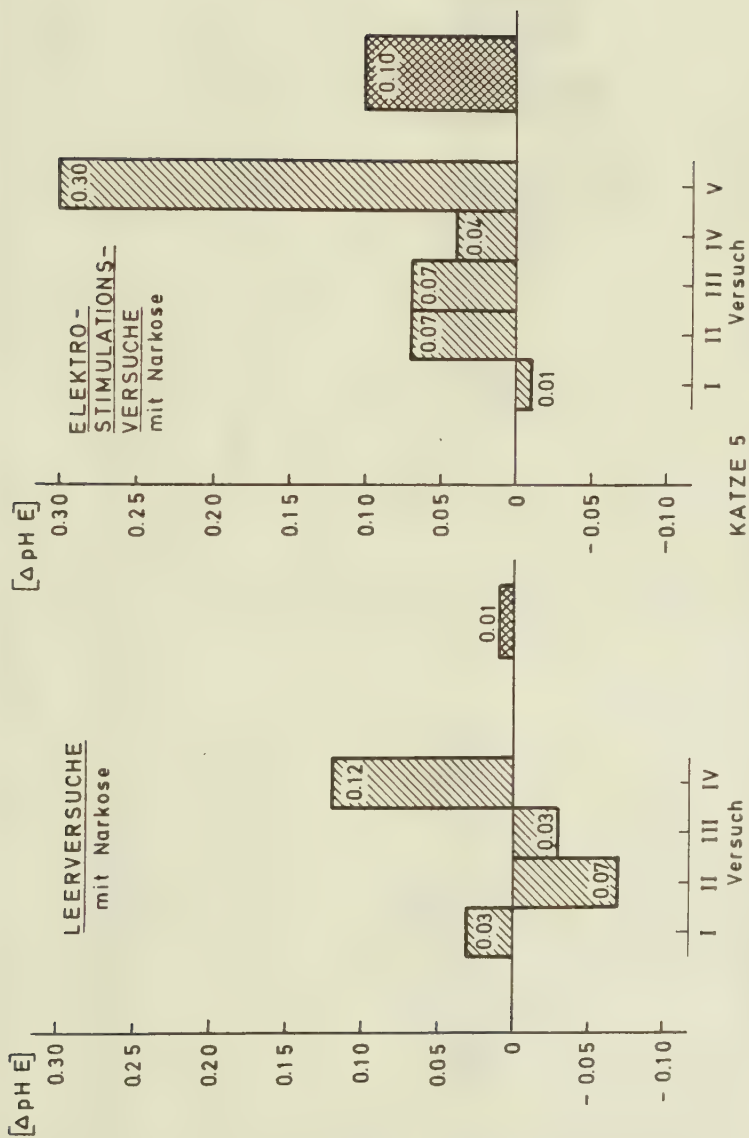
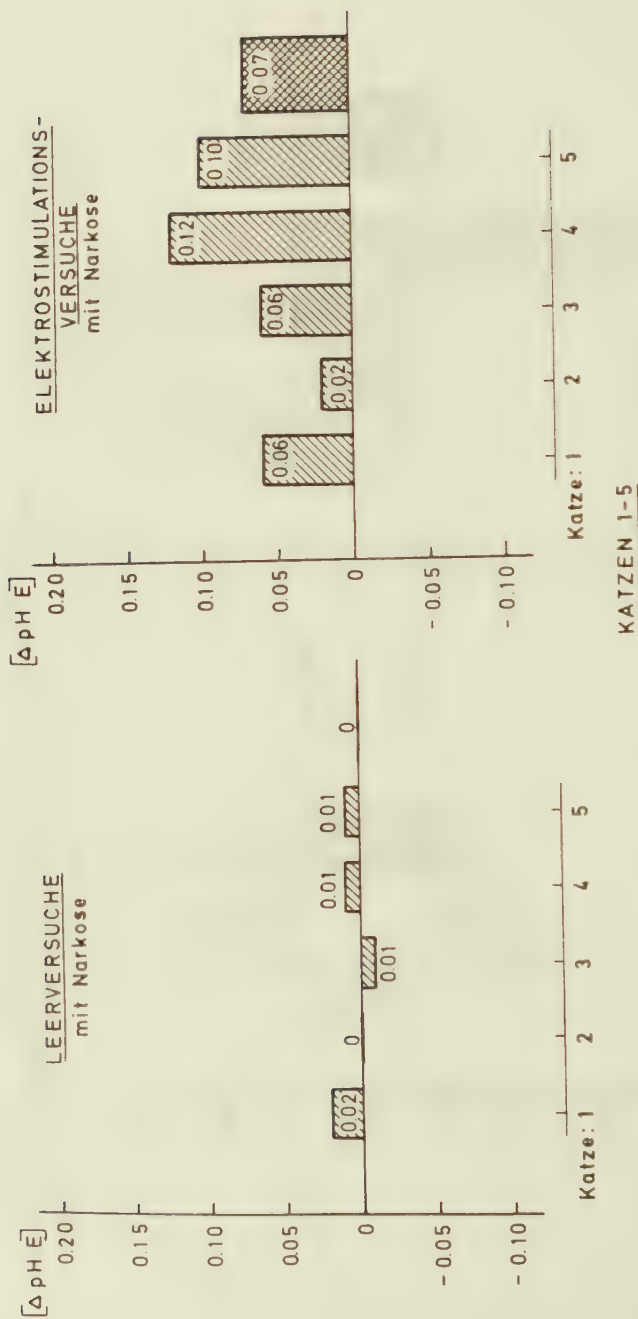
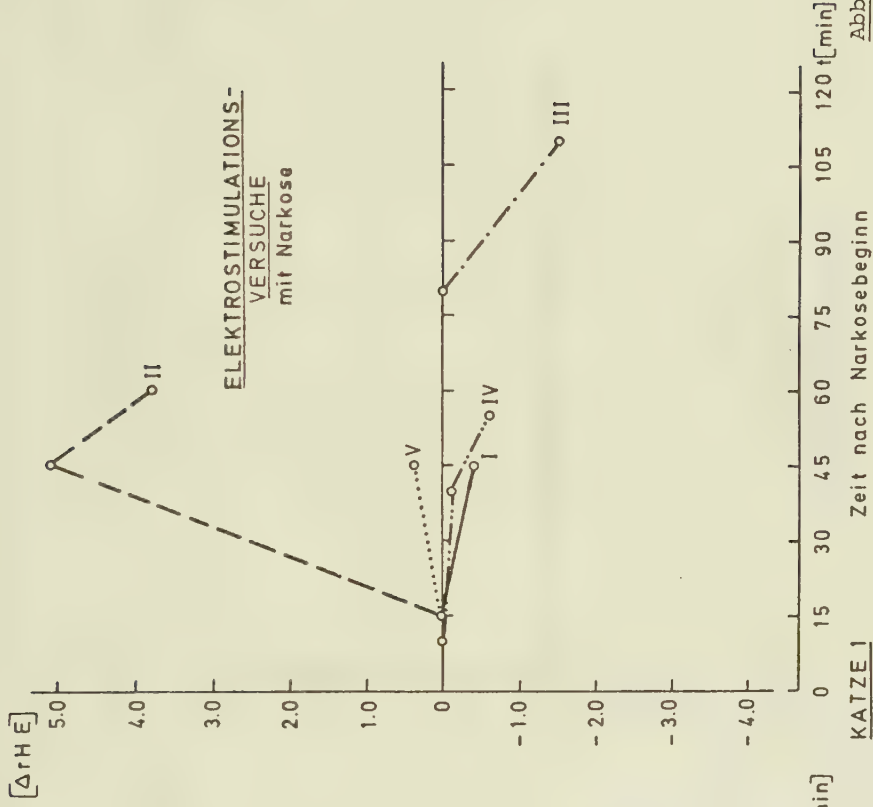
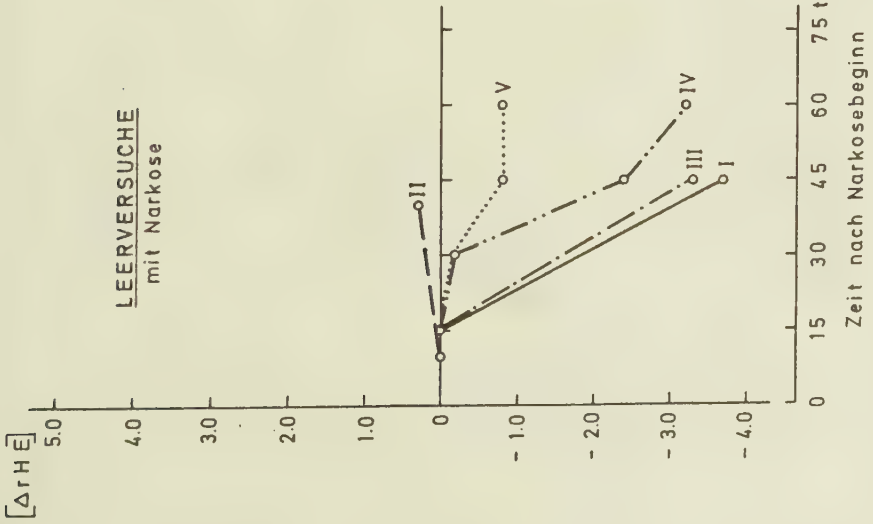


Abb. 13



Änderung zwischen dem Mittelwert aller 1. Meßwerte aller Katzen und dem Mittelwert aller 2. Meßwerte aller Katzen



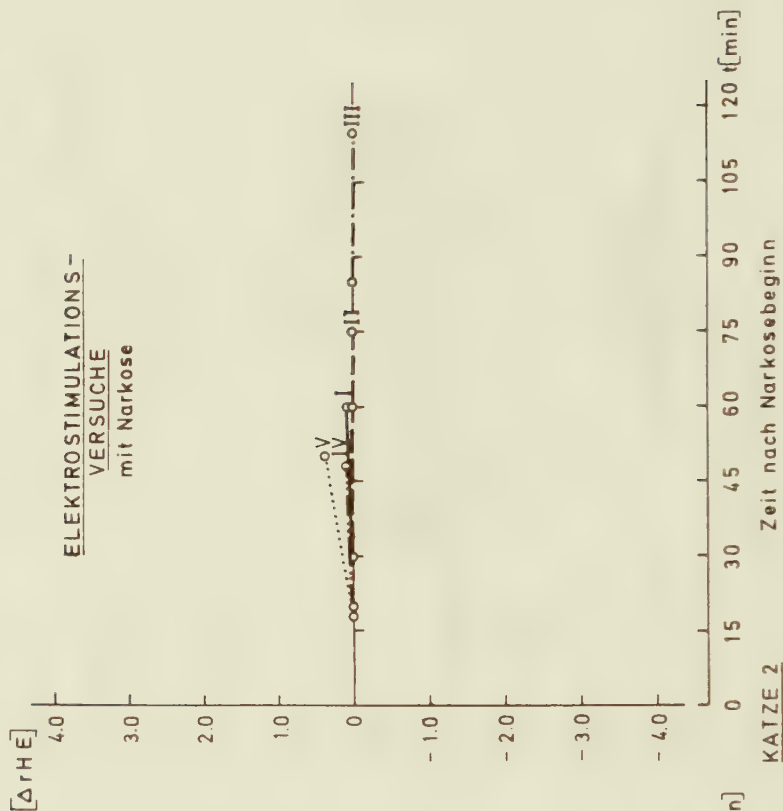
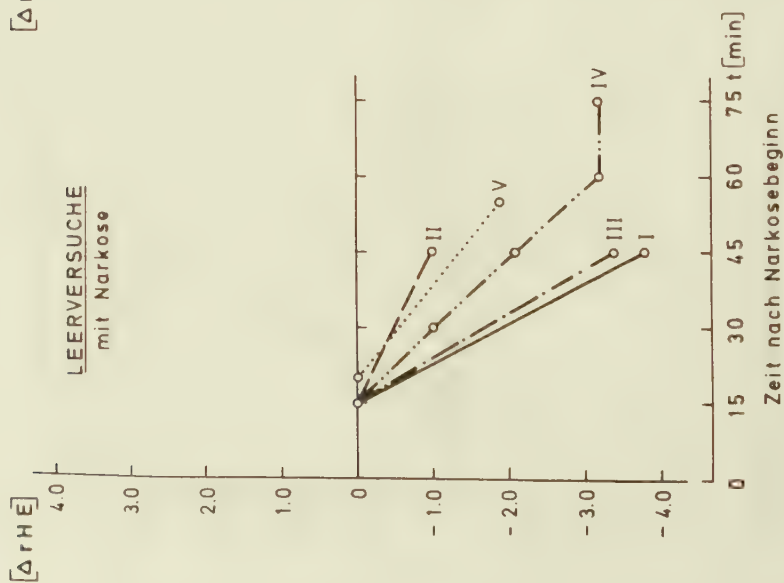


Abb. 16

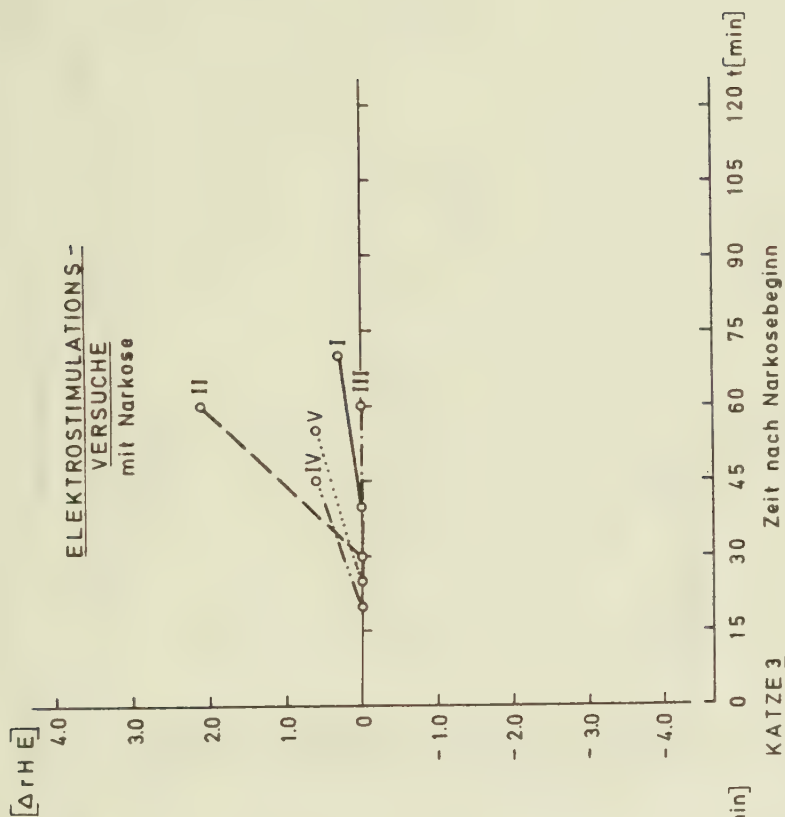
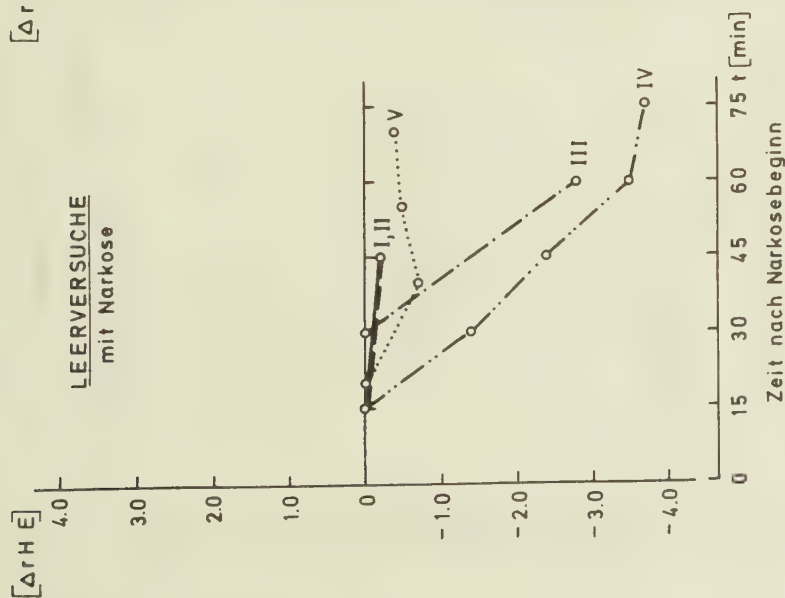
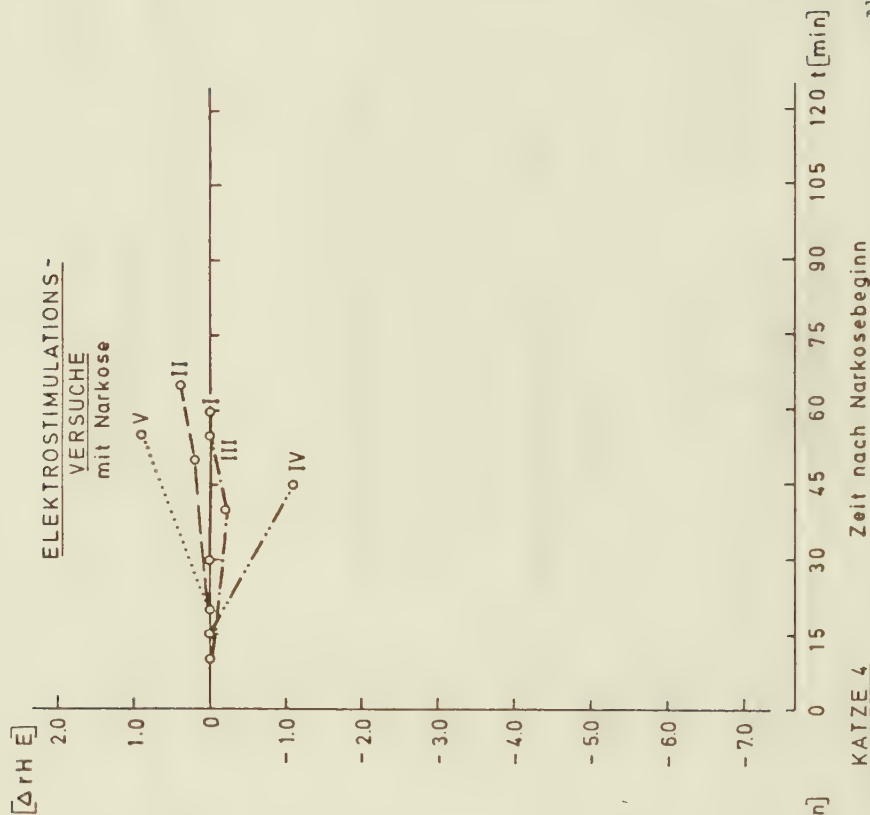
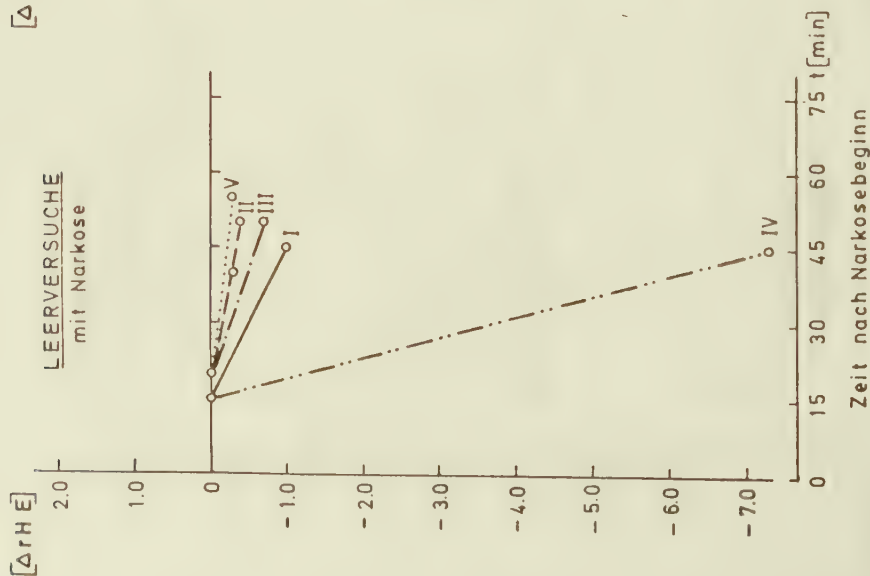
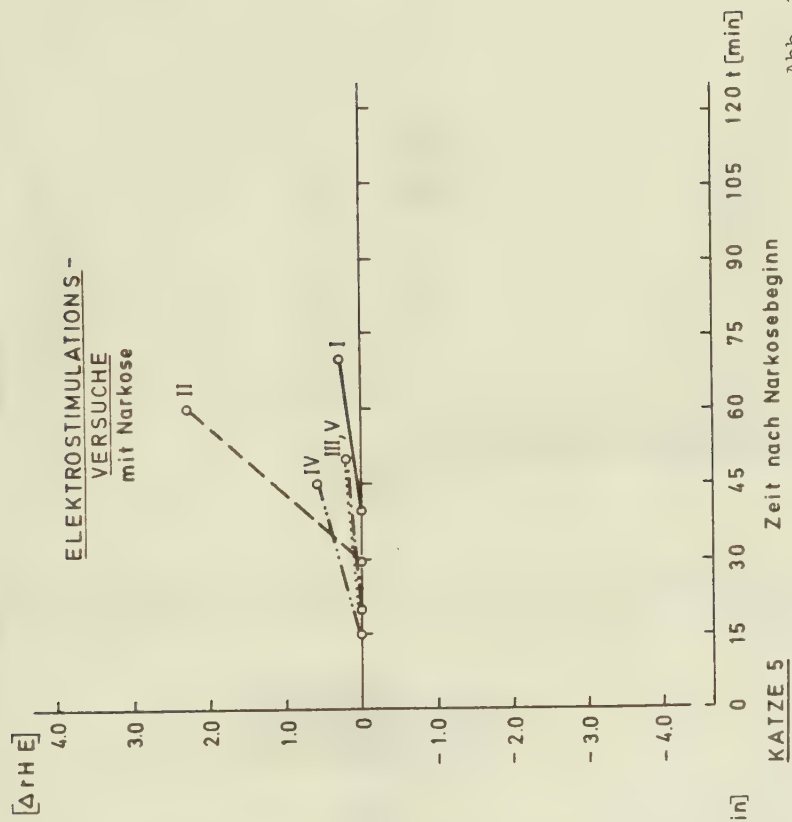
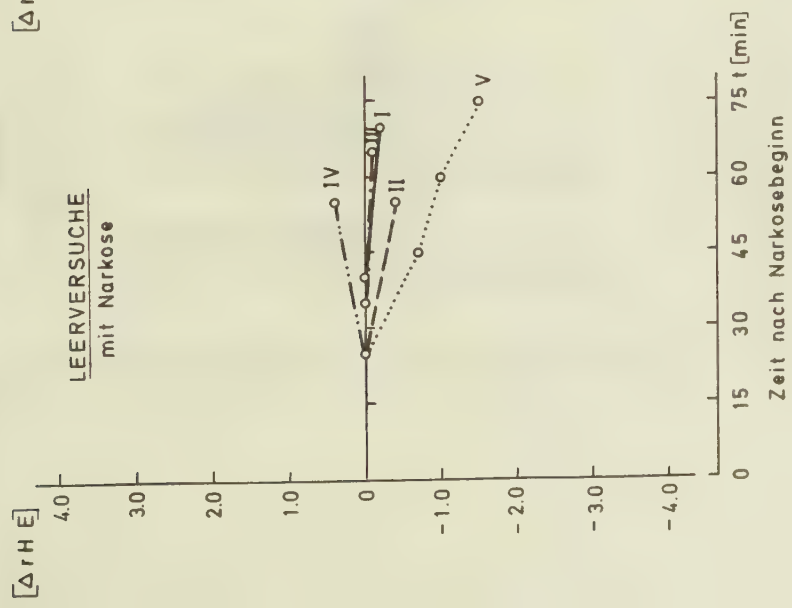


Abb. 17

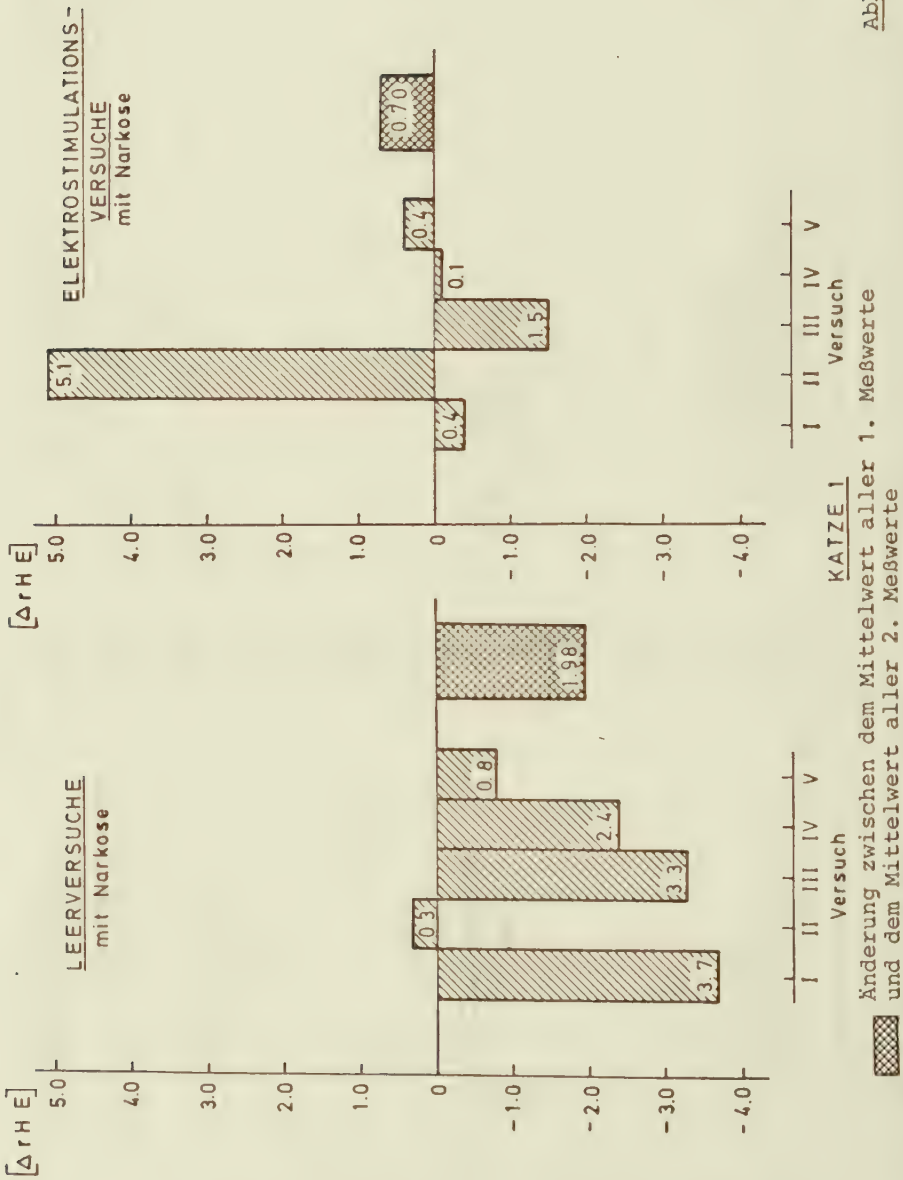


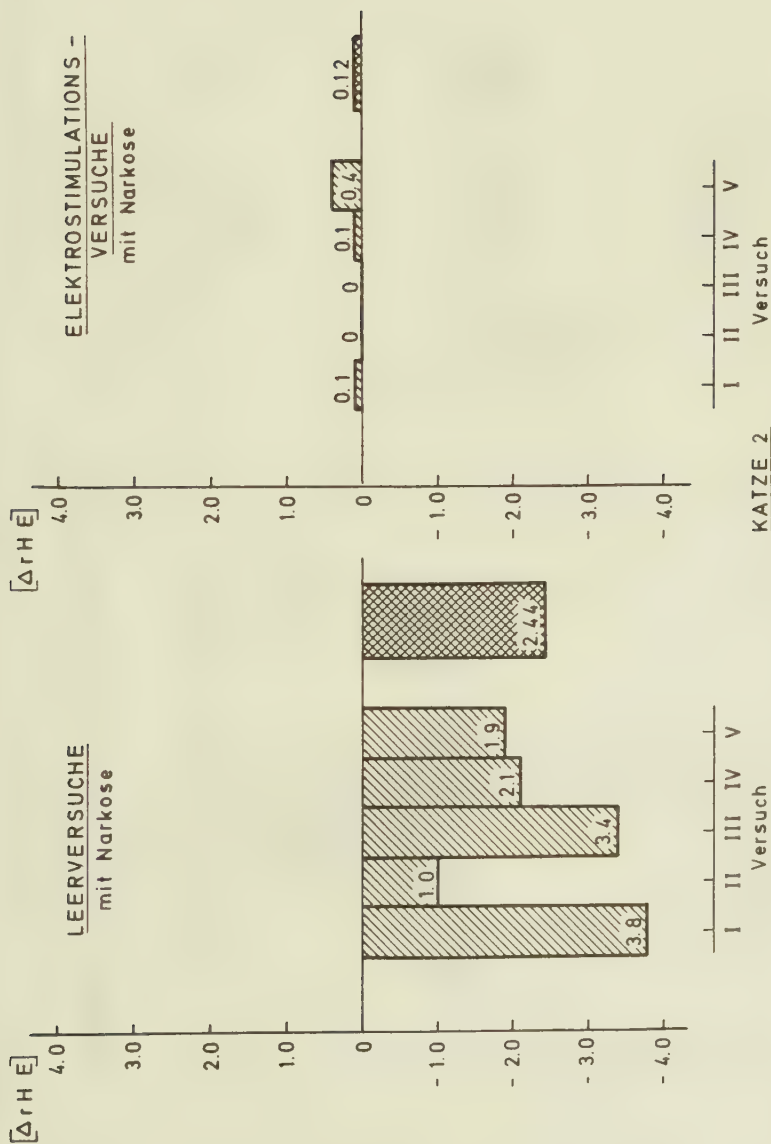
KATZE 4



KATZE 5

Abb. 19





KATZE 2

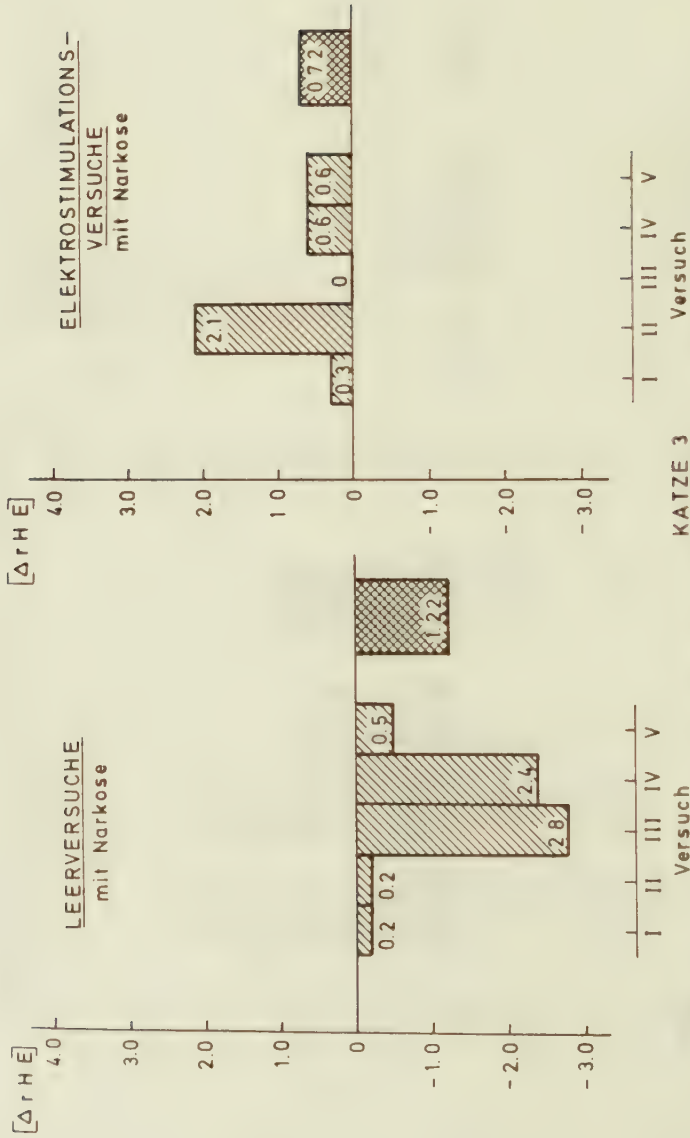
Versuch

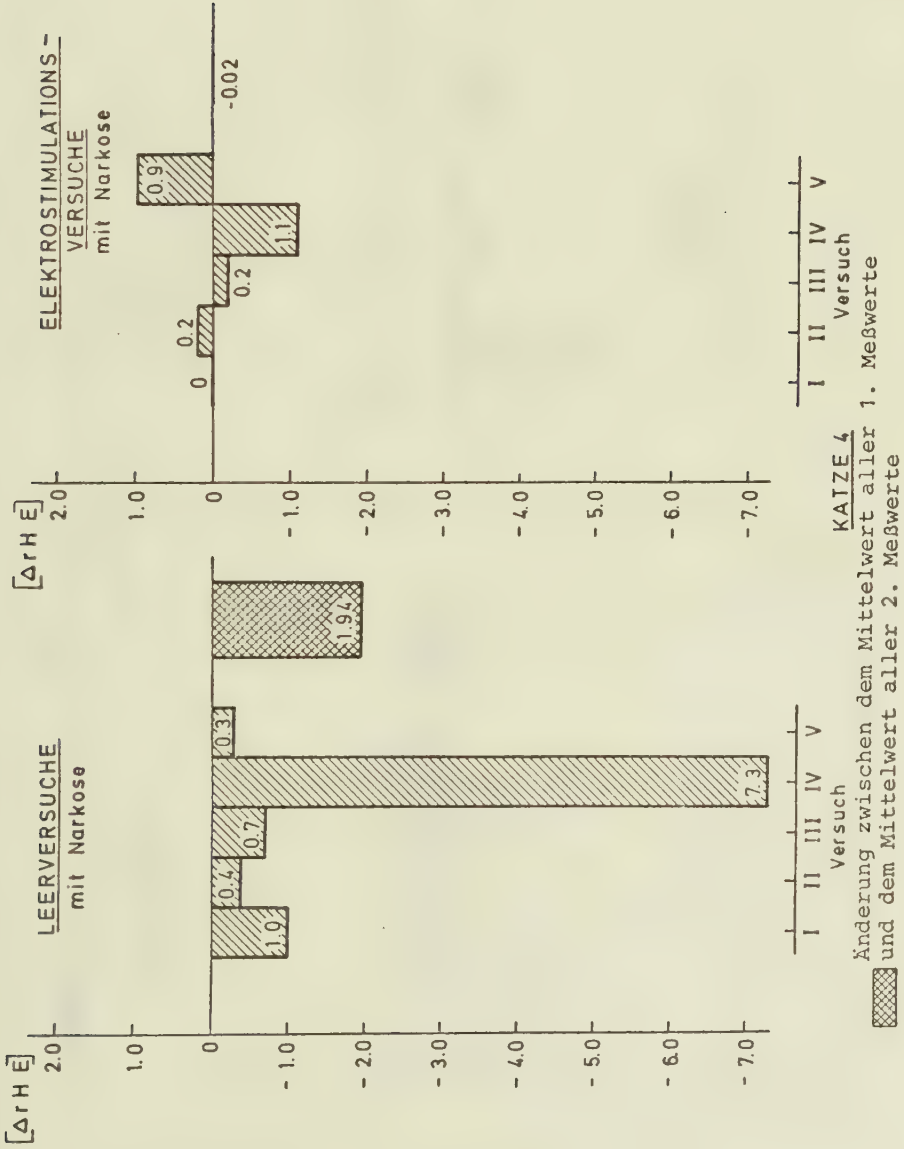
Versuch

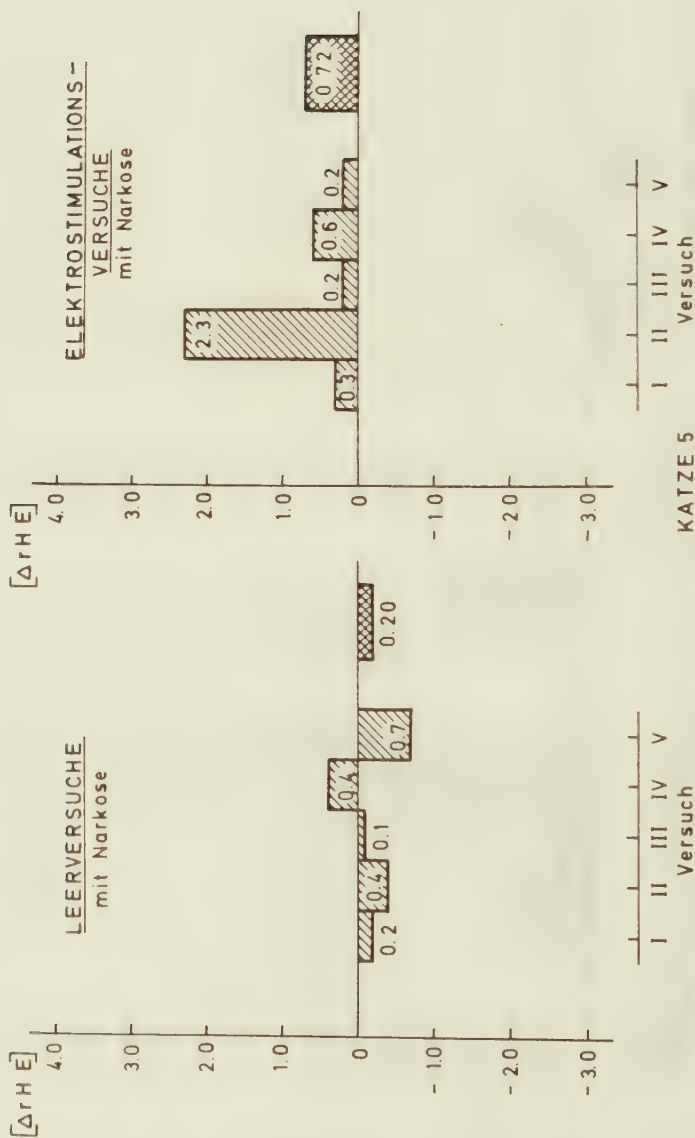
Änderung zwischen dem Mittelwert aller 1. Meßwerte
und dem Mittelwert aller 2. Meßwerte

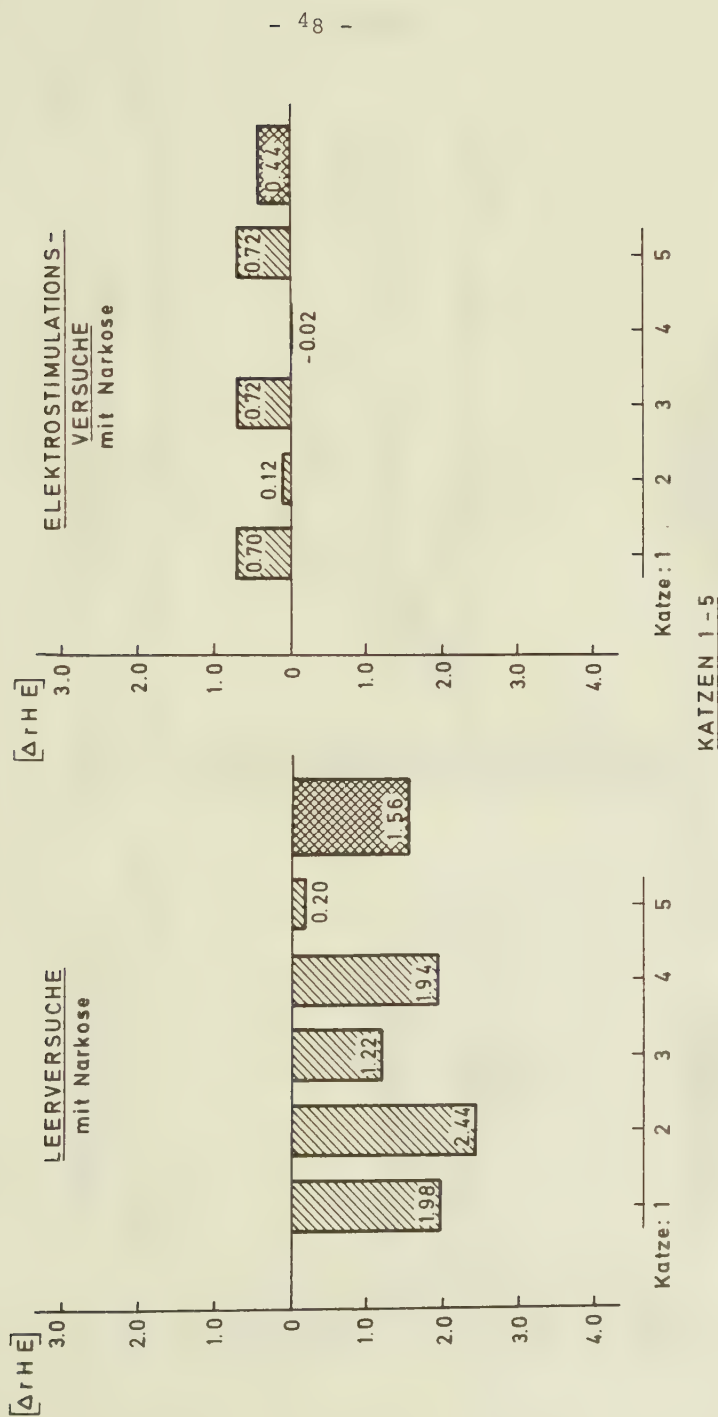


Abb. 21





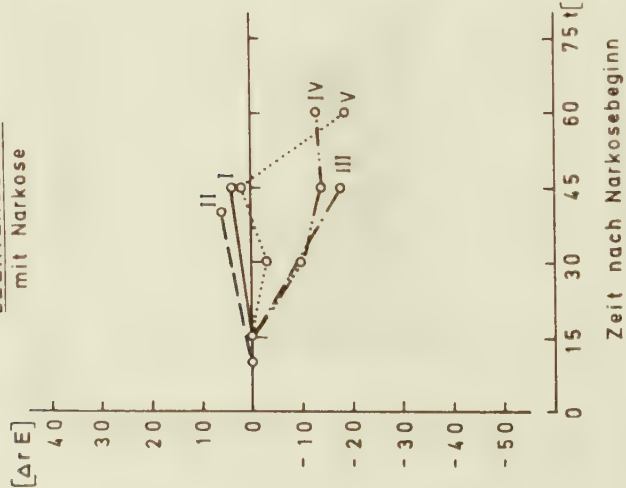




Änderung zwischen dem Mittelwert aller 1. Meßwerte aller Katzen und dem Mittelwert aller 2. Meßwerte aller Katzen

LEERVERSUCHE

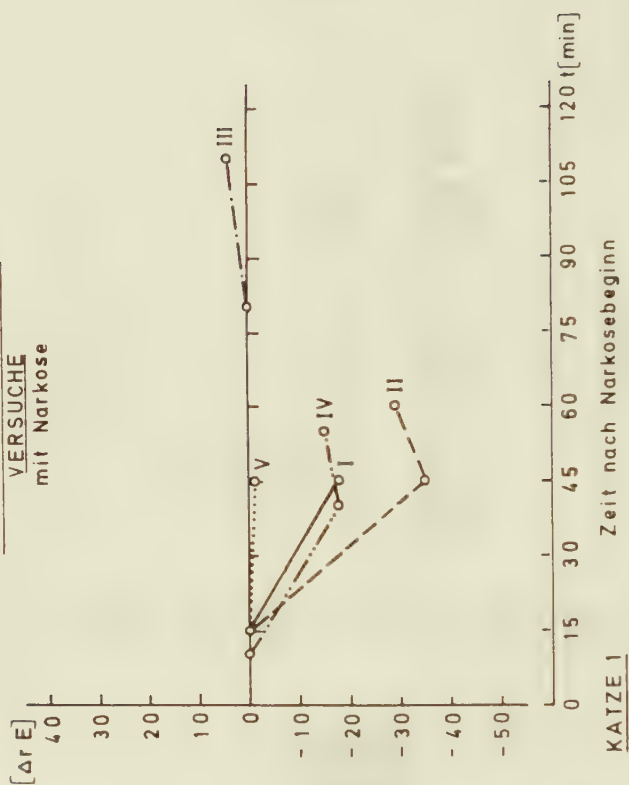
mit Narkose



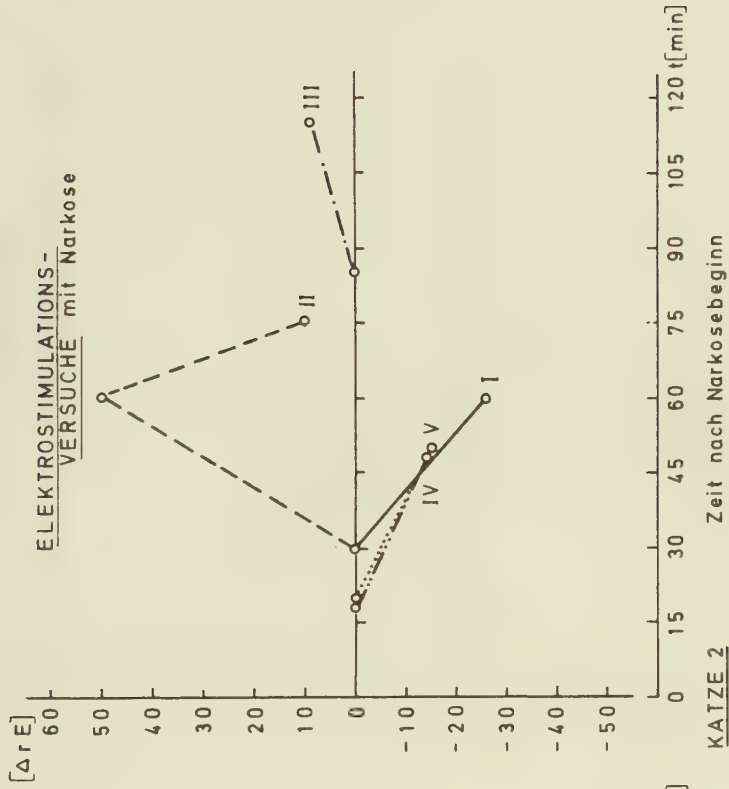
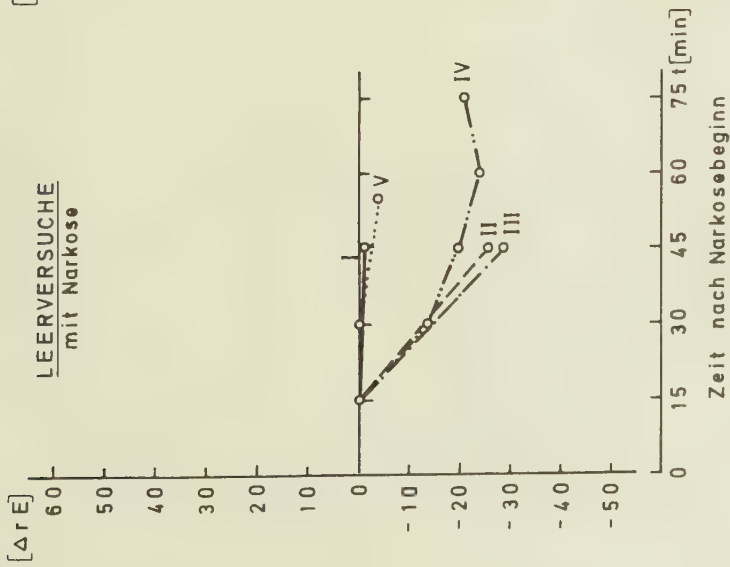
ELEKTROSTIMULATIONS-

VERSUCHE

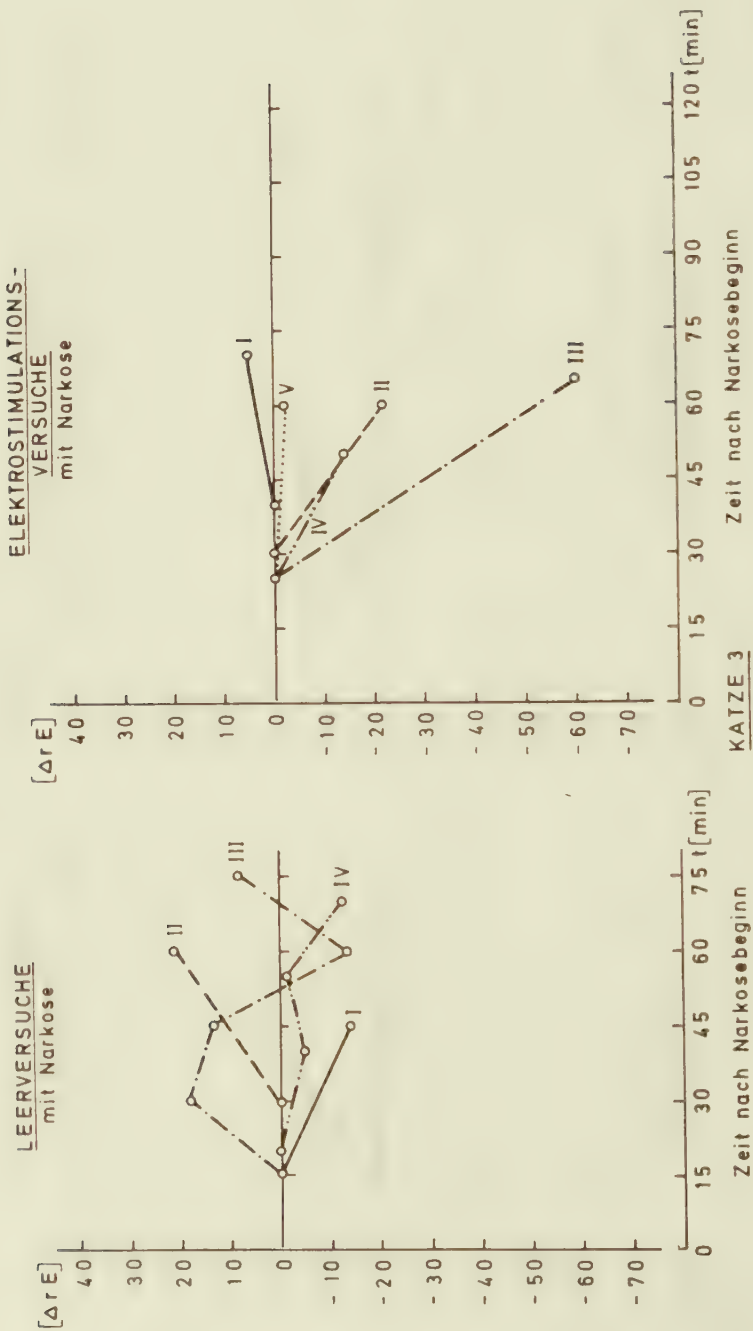
mit Narkose



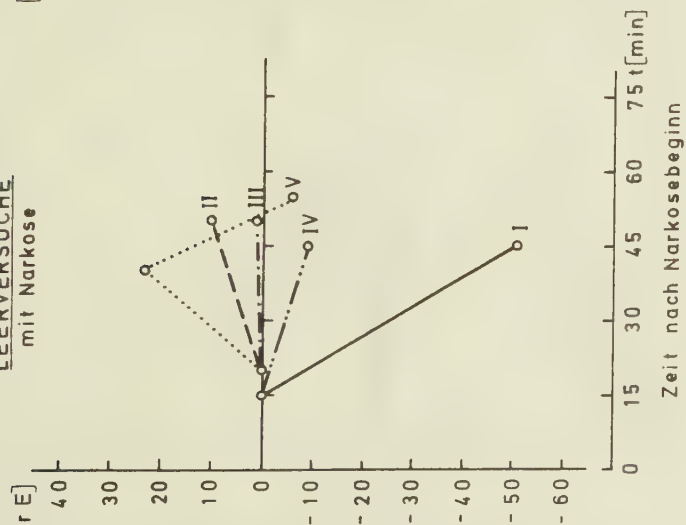
KATZE 1



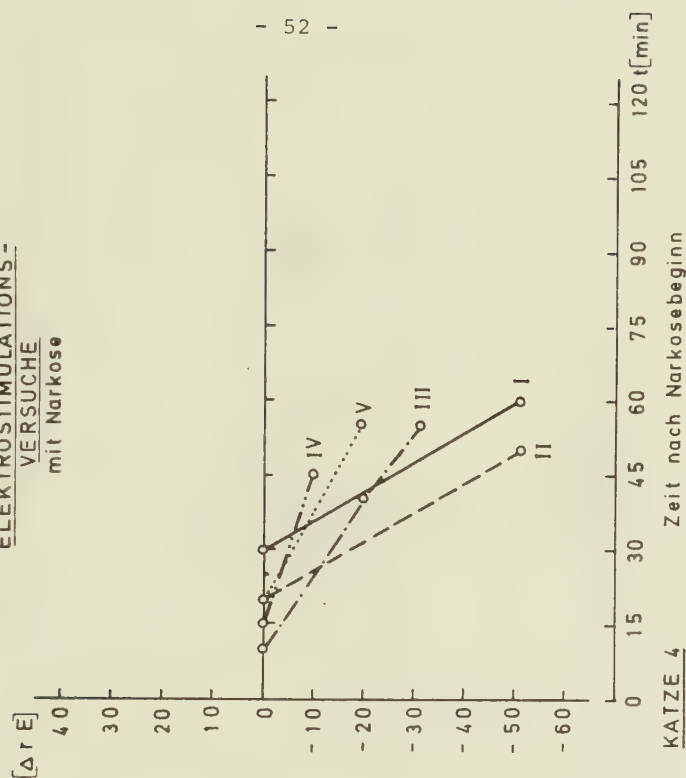
KATZE 2



LEERVERSUCHE
mit Narkose

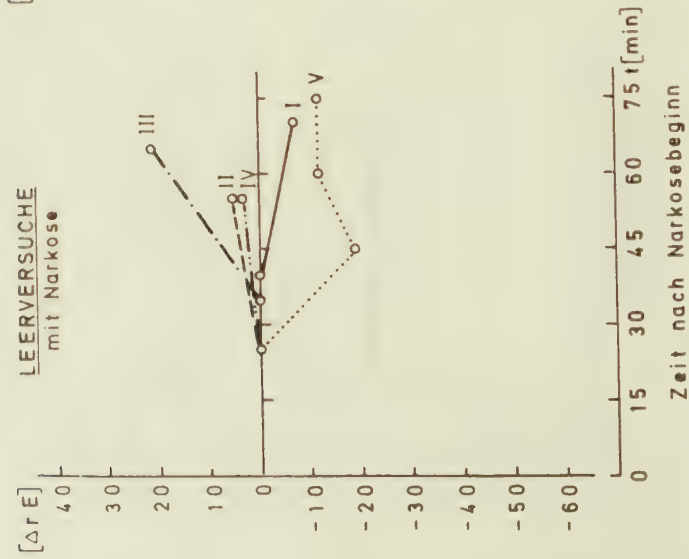


ELEKTROSTIMULATIONS-
VERSUCHE
mit Narkose

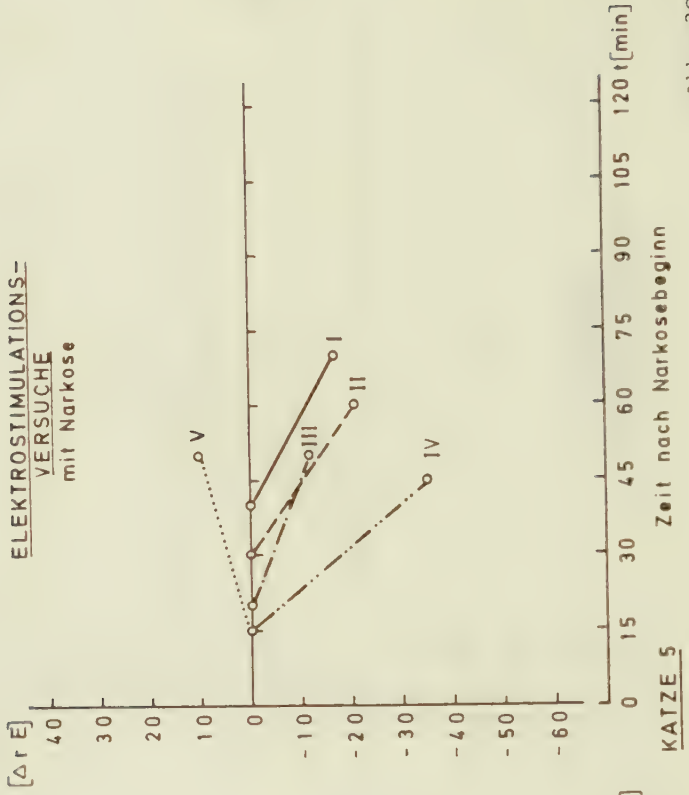


KATZE 4

LEERVERSÜCHE mit Narkose

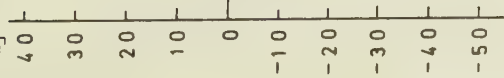


ELEKTROSTIMULATIONS- VERSÜCHE mit Narkose



LEERVERSUCHE mit Narkose

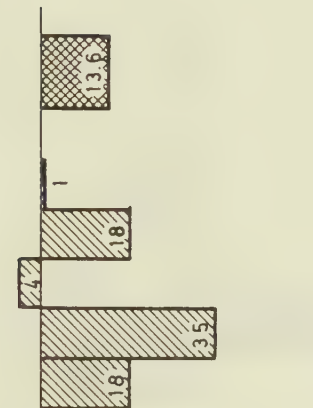
[ΔrE]



[ΔrE]



ELEKTROSTIMULATIONS- VERSUCHE mit Narkose



KATZE 1

I II III IV V
Versuch

I II III IV V
Versuch

Änderung zwischen dem Mittelwert aller 1. Meßwerte
und dem Mittelwert aller 2. Meßwerte

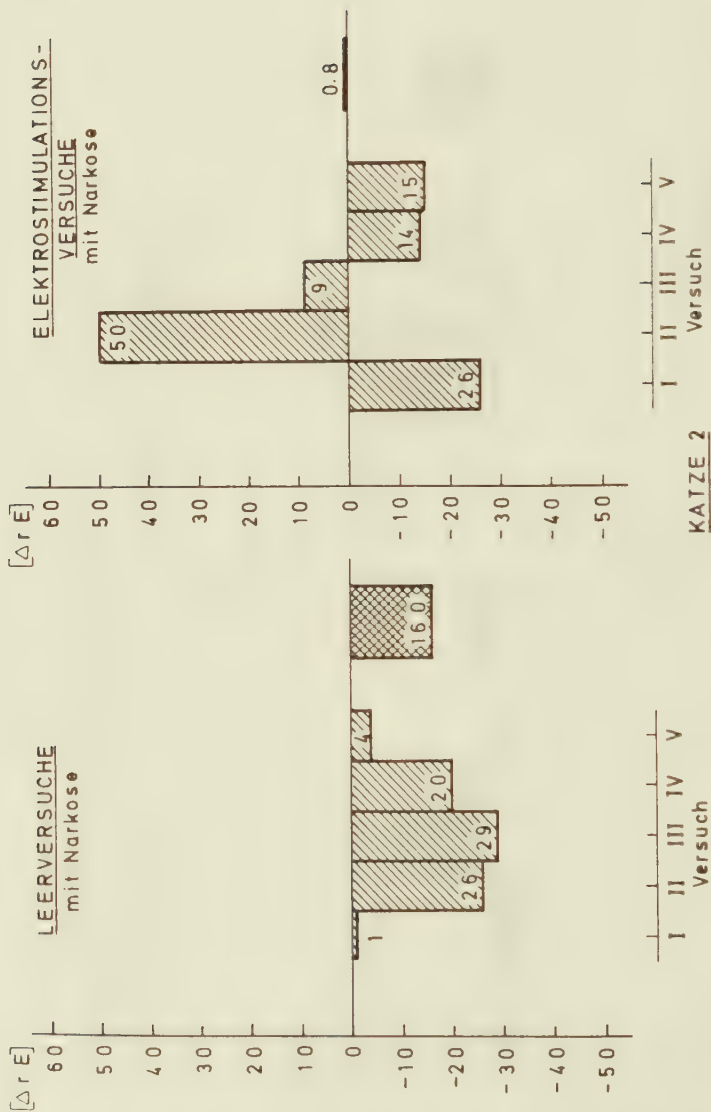
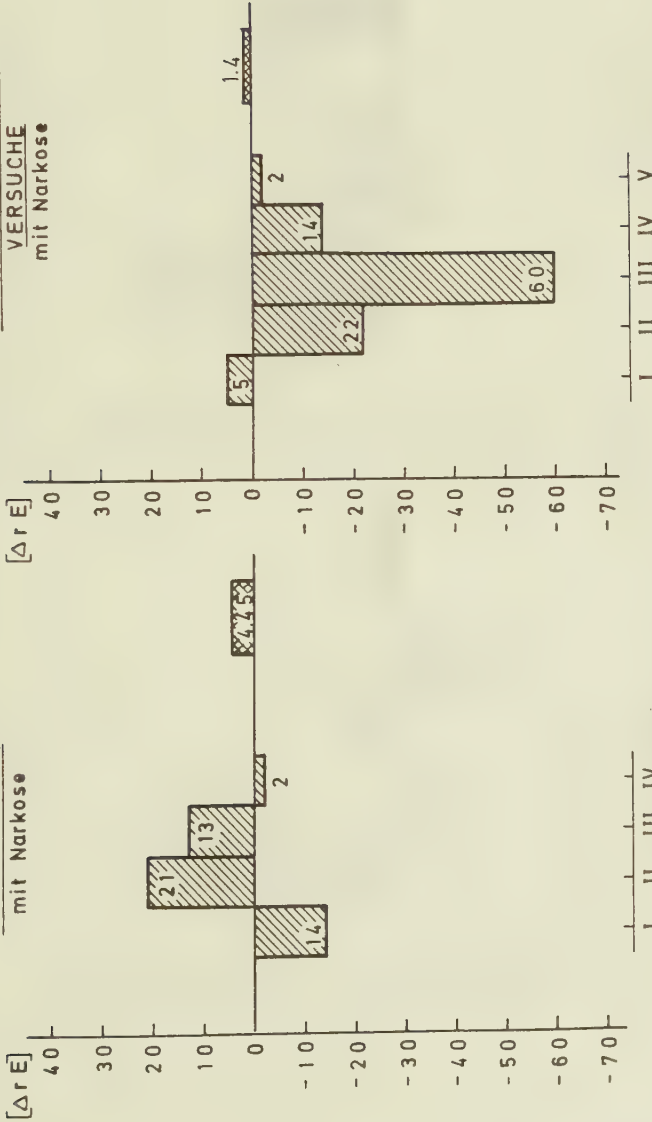


Abb. 32

LEERVERSUCHE
mit Narkose

[ΔrE]



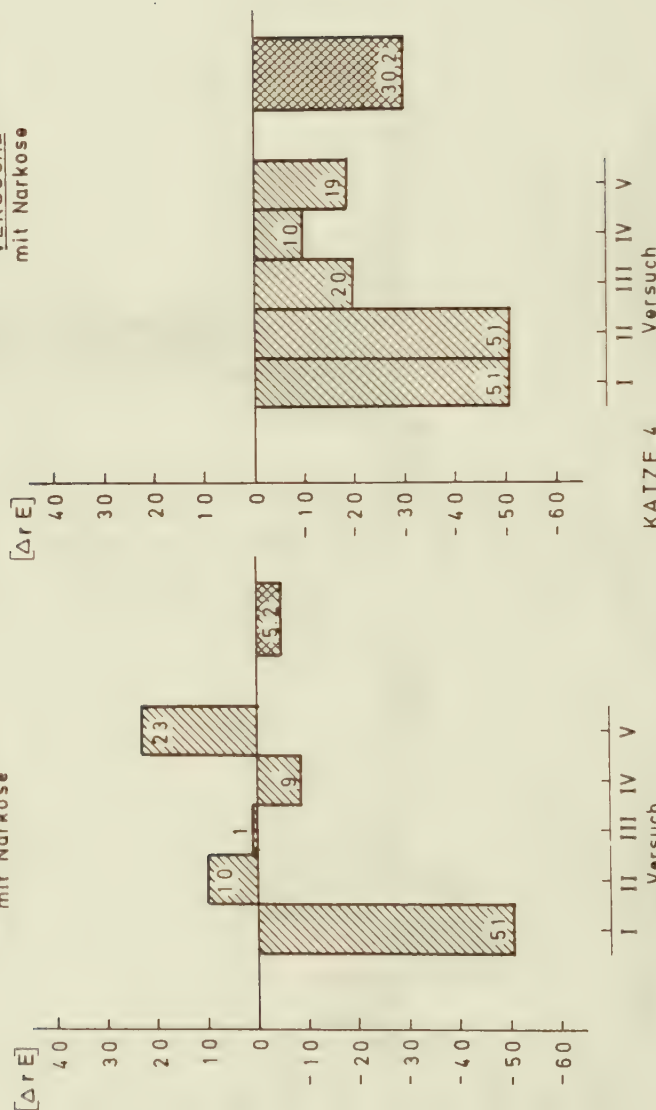
KATZE 3

Versuch

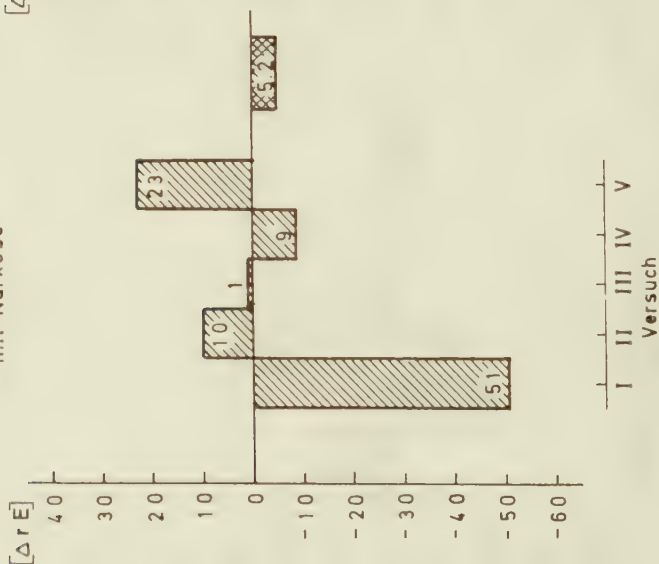
Änderung zwischen dem Mittelwert aller 1. Meßwerte
und dem Mittelwert aller 2. Meßwerte



ELEKTROSTIMULATIONS- VERSUCHE mit Narkose

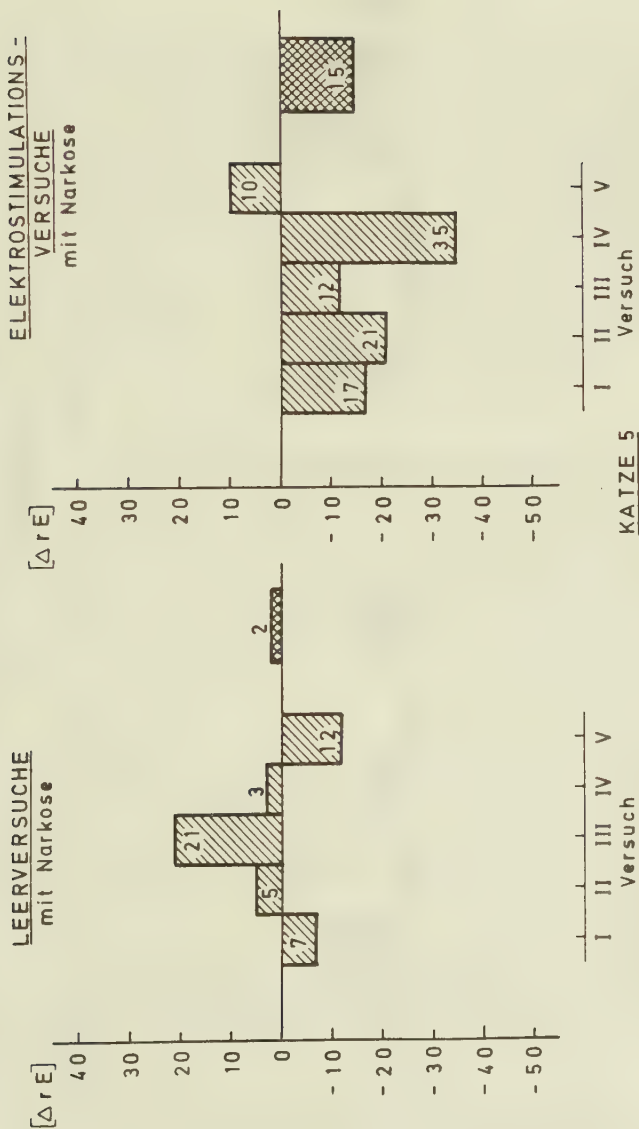


LEERVERSUCHE mit Narkose



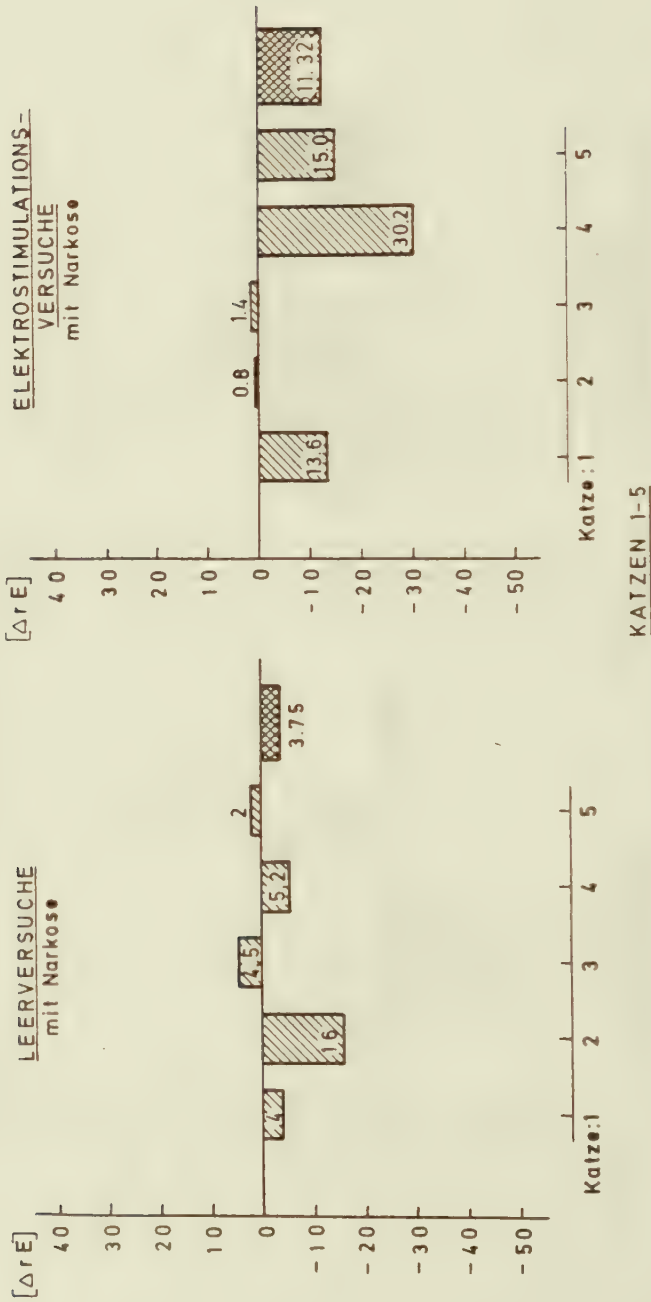
KATZE 4

Änderung zwischen dem Mittelwert aller 1. Meßwerte
und dem Mittelwert aller 2. Meßwerte



Änderung zwischen dem Mittelwert aller 1. Meßwerte
und dem Mittelwert aller 2. Meßwerte

Abb. 35



Änderung zwischen dem Mittelwert aller 1. Meßwerte aller Katzen und dem Mittelwert aller 2. Meßwerte aller Katzen

3.) Beschreibung der Tabellen, Diagramme und Änderungssäulen und statistische Auswertung

a) pH-Wert

Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist für den Leerversuch mit Narkose keine einheitliche Tendenz erkennbar. Da die Werte zum Teil stark schwanken, ist es wichtig, neben den Änderungssäulen den gesamten Verlauf der Änderungen in den Diagrammen zu betrachten. Vor allem bei den Versuchen, die sich mit mehrmaligen Messungen über die gesamte Narkosedauer erstrecken, sinken die pH-Werte zum Teil zunächst ab, um dann entweder wieder zum Ausgangswert zurückzukehren oder niedriger zu bleiben oder zwischenzeitlich anzusteigen und wieder abzusinken. Zum Teil steigen die Werte auch an.

Bei der statistischen Auswertung, zu der der 1. Meßwert und der Meßwert nach ca. 30 Minuten (mit 2. bezeichnet), herangezogen wurden, ergab sich keine signifikante Änderung der pH-Werte. Die Änderung zwischen dem Mittelwert der 1. Messung über fünf Katzen und fünf Termine und dem Mittelwert der 2. Messung über fünf Katzen und fünf Termine beträgt 0.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse des Elektro-Stimulationsversuches mit Narkose zeigt sich eine deutliche Tendenz zum Ansteigen der pH-Werte. Die statistische Auswertung ergab einen eindeutig signifikanten Anstieg der pH-Werte mit einem Fehlerniveau zwischen 1% und 2% ($0,02 > P > 0,01$).

Die für die statistische Auswertung herangezogenen Tests sind - ebenso für rH- und r-Wert - dem Anhang zu entnehmen. Die statistische Auswertung erfolgte mit Unterstützung von Herrn Dipl.Psych. A. HARTMANN.

b) rH-Wert

Bei der Betrachtung der Ergebnisse zeigt sich, daß die Werte im Leerversuch - also nur unter dem Einfluß der Narkose - in der weitaus überwiegenden Zahl der Fälle mehr oder weniger drastisch und gleichmäßig absinken. Der Mittelwert aller ersten Meßzeitpunkte aller Katzen und aller Termine beträgt 21,60, der Mittelwert aller sog. zweiten Meßzeitpunkte aller Katzen und aller Termine beträgt 20,07, was einer absoluten Änderung des rH-Wertes um 1,53 rH-Einheiten zum Negativen entspricht. Der rH-Wert ist in seinem Verlauf im Leerversuch also nicht konstant, sondern zeigt eine deutliche Absenkung.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse des Elektro-Stimulationsversuches fällt schon rein graphisch auf, daß die Kurven nur noch leicht absinken, konstant bleiben oder ansteigen. Die genauen Daten sind dem vorher angeführten Material zu entnehmen. Der so gefundene Mittelwert aller ersten Meßzeitpunkte aller Katzen und aller Termine beträgt 19,24, der Mittelwert aller zweiten Meßzeitpunkte aller Katzen und aller Termine beträgt 19,68, was einer absoluten Änderung des rH-Wertes um 0,44 rH-Einheiten zum Positiven hin entspricht.

Die statistische Auswertung ergab, daß es aufgrund der Ergebnisse des Elektro-Stimulationsversuches nur in 6% ($P = 0,06$) der Fälle wahrscheinlich ist, daß die Zunahme der Werte zufallsbedingt ist. Die statistische Grenze für absolute Signifikanz liegt bei 5% ($P = 0,05$), sodaß im vorliegenden Fall des Elektro-Stimulationsversuches - wenn man den Versuch für sich betrachtet - ein so gut wie signifikanter Anstieg der Werte gefunden wurde. Betrachtet man nun aber die Ergebnisse des Elektro-Stimulationsversuches nicht für sich, sondern stellt man ihnen die Ergebnisse des Leerversuches gegenüber, so sieht man, daß im Vergleich zum leichten Anstieg der Werte im Elektro-

Stimulationsversuch die Werte im Leerversuch keineswegs konstant geblieben sind, sondern eine eindeutig signifikante Absenkung zeigen mit einem Fehlerniveau von 1% - 2% ($0,02 > P > 0,01$).

Geht man nun davon aus, daß dieser absinkende Effekt - da alle Versuchsbedingungen des Leer- und Elektro-Stimulationsversuchs gleichgehalten wurden bis auf Ausführung der Elektro-Stimulation im zweiten Fall - auch im Verlauf des Elektro-Stimulationsversuchs wirksam war, ergeben sich also die gefundenen Werte als Differenz zwischen dem absinkenden Effekt des Leerversuchs mit Narkose und einem größeren, ansteigenden Effekt unter Elektro-Stimulation mit Narkose. Der oben gefundene so gut wie signifikante Anstieg der Werte unter Elektro-Stimulation vermehrt sich also noch um den Betrag des absinkenden Effekts im Leerversuch. Es zeigt sich also, daß die Elektro-Stimulation für sich betrachtet zu einem so gut wie signifikanten Anstieg des rH-Wertes führt, im Vergleich mit den durchgeführten Leerversuchen mit Narkose aber zu einem eindeutigen starken signifikanten Anstieg des rH-Wertes führt. Vollzieht man diesen Gedankengang einmal rechnerisch nach, so ergibt sich ein Fehlerniveau von nur 1/3 % ($P = 0,0033$).

c) r-Wert -----

Bei der Betrachtung der Ergebnisse ist keine eindeutige Tendenz erkennbar. Sowohl im Leer- als auch im Elektro-Stimulationsversuch steigen die Werte zum Teil an, zum Teil sinken sie ab, zum Teil ergibt sich ein unregelmäßiger Verlauf.

Bei der statistischen Auswertung der r-Werte zeigte sich, daß eine Tendenz zum Absinken der Werte im Elektro-Stimulationsversuch im Vergleich zum Leerversuch vorhanden ist. Im Leerversuch liegt das Fehlerniveau bei über 50%, ($P > 0,50$) im Elektro-Stimulationsversuch liegt es nur noch

bei über 25% ($P > 0,25$). Die Ergebnisse sind jedoch weit von der Signifikanzgrenze von 5% ($P = 0,05$) entfernt.

Bei den Elektro-Stimulationsversuchen wurde an zwei Terminen jeweils ein Punkt an beiden Vorder- und Hinterextremitäten stimuliert, an drei Terminen zusätzlich je ein Ohrpunkt. Die aufgetretenen Änderungen gingen in beiden Fällen in die gleiche Richtung. Um statistisch beurteilen zu können, ob ein geringer Unterschied zwischen den beiden Stimulationsarten vorliegt, reicht die Anzahl der Versuche nicht aus.

4. Kontrollversuche

An zwei Terminen wurde bei allen Katzen das für die Messung gewonnene Blut solange beobachtet, bis keine Änderung der Meßwerte mehr eintrat.

In einem Zeitraum von ca. 7 Minuten sank dabei der pH-Wert im Mittel um 0,16 % - bezogen auf den Ausgangswert - ab. Der rH-Wert sank um durchschnittlich 2,87 % ab, wohingegen der r-Wert um 1,79 % anstieg.

V. Diskussion

Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Änderung des pH-, rH- und r-Wertes im Blut von Katzen erstens nur unter Narkosewirkung (im sog. Leerversuch mit Narkose) und zweitens unter Elektro-Stimulation und Narkosewirkung (im sog. Elektro-Stimulationsversuch mit Narkose) beobachtet. Drittens wurden Kontrollversuche zur Abklärung des Einflusses der Gerinnung auf den pH-, rH- und r-Wert durchgeführt.

Bei der Ausführung der Versuche wurde ganz besonderer Wert darauf gelegt, die Versuchsbedingungen und den Versuchsablauf bei jedem Termin so konstant wie nur irgend möglich zu halten.

Wegen der Temperaturabhängigkeit des pH-, rH und r-Wertes wurde die Zimmertemperatur des Versuchsaumes in einem Bereich von 22° - 24° C konstant gehalten.

Die Katzen nahmen während der Dauer der Versuche dieselbe Nahrung zu sich, sie wurden jeweils am Abend vor Versuchsbeginn zuletzt gefüttert, und der Zeitpunkt des Versuchsbeginns wurde im Bereich von 14.00 bis 15.30 Uhr konstant gehalten. Der Abstand zwischen den Versuchen betrug ca. 8 Tage. Die Katzen waren während der Dauer der Versuche gesund.

Sie erhielten jeweils die gleiche Narkosemenge. Der Bewußtseinsverlust der Katzen und das Excitationsstadium mit Brechreiz wurden abgewartet. Erst wenn weder Lid- noch Konjunktival- noch Corneareflex auslösbar waren und die Atmung regelmäßig und verlangsamt geworden war, wurde mit der ersten Messung begonnen. Sowohl die Pupillengröße als auch die Reflexe wurden von Zeit zu Zeit kontrolliert. Es wurde also versucht, eine ähnliche Narkosetiefe bei allen Katzen und Terminen vor Beginn der ersten Messung zu erreichen.

Auf die Konstanthaltung des Ablaufs der Meßgutgewinnung

und dessen Analyse wurde ganz besonderer Wert gelegt, da es sich bei unseren Versuchen um eine Messung in vitro unter aeroben Bedingungen und tropfendem Blut handelt. Unter diesen Bedingungen werden die pH-Werte zum alkalischen Bereich hin verschoben, da CO_2 entweichen konnte, während das Blut in den Elektrodenuntersatz tropfte. Die rH-Werte sind unter den oben beschriebenen Versuchsbedingungen durch Aufnahme von Luftsauerstoff durch das Blut zum Positiven hin verschoben. Es wurde versucht, diese Fehler durch gleichmäßige Versuchsdurchführung konstant zu halten.

Da es aus technischen Gründen schwer möglich war, Kontrollversuche unter anaeroben in vivo-Bedingungen durchzuführen, können wir über die absolute Größe der pH-, rH und r-Werte nur bedingt eine Aussage machen. Durch die möglichst konstanten Versuchsbedingungen können wir aber eine objektive Aussage über die Veränderung der pH-, rH und r-Werte machen.

Ganz besonderen Wert legten wir auch auf gleichmäßiges, schnelles Tropfen des Blutes in den Elektrodenuntersatz, auf sofortigen Meßbeginn nach Erhalt des Blutes und Einhaltung desselben Ableszeitpunktes der Werte, da die Kontrollversuche ergeben hatten, daß die pH-, rH und r-Werte sich unter dem Einfluß der Gerinnung relativ stark verändern.

An einem Tag wurde jeweils nur ein Leer- oder ein Elektro-Stimulationsversuch durchgeführt. Wir wollten die Änderung der Werte im Leerversuch mit der Änderung der Werte im Elektro-Stimulationsversuch für jede Katze einzeln vergleichen.

Stellte man den Verlauf der Werte im Leerversuch mit Narkose dem Verlauf der Werte im Elektro-Stimulationsversuch mit Narkose gegenüber, so ergaben sich bei der Betrachtung der Tabellen, Diagramme und Änderungssäulen gewisse charak-

teristische Unterschiede. Die statistische Auswertung erbrachte entsprechende Beweise.

Bei der Betrachtung und statistischen Auswertung der Leerversuche mit Narkose ergaben sich für den pH-Wert keine signifikanten Änderungen der Werte. Die Änderung zwischen dem Mittelwert der ersten Messung über fünf Katzen und fünf Termine und dem Mittelwert der Messungen nach 30 Minuten über fünf Katzen und fünf Terminen beträgt 0. Vor allem bei der Betrachtung der Versuche, bei denen häufige Blutproben während der gesamten Narkosedauer entnommen wurden, überwiegt eine vorübergehende oder dauernde pH-Ab-sinkung, was einer durch Hypoventilation bedingten respiratorischen leichten Acidose entsprechen dürfte. Zum Teil steigt der pH-Wert auch an oder verhält sich schwankend. Statistisch gesehen ergibt sich hieraus - wie gesagt - keine signifikante Veränderung.

Bei der Betrachtung der Zahlen, Diagramme und Änderungssäulen des rH-Wertes und deren statistischer Auswertung ergab sich unter reiner Narkosewirkung ein eindeutig signifikantes Absinken des rH-Wertes mit einem Fehlerniveau zwischen 1 % und 2 %. Wie ausführlich in den theoretischen Grundlagen und Bedeutung des rH-Wertes erläutert, ist der rH-Wert der negative dekadische Logarithmus des Wasserstoffdruckes, unter welchem man sich die in der Meßlösung eingetauchte Elektrode stehend zu denken hat und dessen Größe von den in der Lösung befindlichen Oxydations-Reduktions-Systemen abhängig ist. (KORDATZKI, S.9) Die O₂-Konzentration des Blutes und die Oxydationsintensität der Lösung sind dem rH-Wert direkt proportional. Einem sinkenden rH-Wert entspricht also eine Hemmung der Oxydationskette oder eine Steigerung der Reduktionsintensität oder eine sinkende O₂-Konzentration. Sowohl von ZIEGLER, als auch von REHN wurde der Zusammenhang zwischen Negativierung des rH's und Hypoxämie beschrieben. Beispielsweise kam es bei

einem Patienten mit Mitralstenose, der eine erhebliche Cyanose mit Tachykardie hatte, zu einer extremen Negativierung des Redoxpotentials, die nach Sauerstoffgabe verschwand. Sinkende rH-Werte wurden auch beschrieben im Schockzustand. Da die erste Blutentnahme an den Katzen erst vorgenommen wurde, wenn die Narkose eine Tiefe erreicht hatte, bei der die Katzen sicher hypoventilierten, liegt es also nahe, für das Absinken der rH-Werte eine Hypoxämie verantwortlich zu machen, die ihre Ursache in einer narkosebedingten Hypoventilation der Katzen hat.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse des r-Wertes im Leerversuch, unter dem man - wie in den theoretischen Grundlagen und Bedeutung ausgeführt - den spezifischen elektrischen Widerstand des Elektrolyten Blut versteht, der umgekehrt proportional der Konzentration an Ionen und der durchschnittlichen Wanderungsgeschwindigkeit der Ionen ist, konnten keine signifikanten Änderungen festgestellt werden. Es zeigte sich lediglich eine Tendenz zum Absinken der Werte, die allerdings ein Fehlerniveau von über 50 % hat. Die Aussage über den r-Wert ist außerdem erschwert durch seine relativ große Streubreite, die - wie bereits erwähnt - durch einen gerätetechnischen Fehler bedingt ist, der erst nach Abschluß der Versuche bekannt geworden war.

Bei der Betrachtung und statistischen Auswertung der Elektrostimulationsversuche mit Narkose ergab sich für den pH-Wert ein signifikanter Anstieg der Werte zwischen 1. Messung und Messung nach 30 Minuten mit einem Fehlerniveau zwischen 1 % und 2 %.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse des Elektro-Stimulationsversuches und deren statistischer Auswertung ergab sich für den rH-Wert ein so gut wie signifikanter Anstieg der Werte mit einem Fehlerniveau von 6 %. Einem steigenden rH-Wert entspricht eine steigende O₂-Konzentration des

Blutes und/oder eine beschleunigte Oxydation des anfallenden Substrats-Wasserstoff.

Da in unseren Versuchen die Sauerstoffsättigung des Blutes nicht bestimmt wurde, läßt sich aus der Definition des rH-wertes allein also nicht sagen, ob eine Änderung des rH-Wertes durch eine Änderung des Oxydations-Reduktions-Gleichgewichtes oder durch Änderung der O_2 -Konzentration bedingt ist. Da es sich um einen zum reinen Narkoseleerversuch gegensätzlichen Effekt handelt, der denselben zu kompensieren bzw. annähernd signifikant zu überkompensieren scheint, liegt es auch hier nahe, die Zunahme des rH-Wertes im Sinne einer Zunahme der O_2 -Konzentration des Blutes zu deuten. Um weiterreichende Aussagen treffen zu können, wären weitere experimentelle Untersuchungen nötig, z.B. gleichzeitiges Bestimmen des Sauerstoffpartialdruckes, genaues Beobachten der Atemfrequenz, Bestimmung des Blutdrucks, der Fließgeschwindigkeit des Blutes und des Grundumsatzes.

KAMPIK berichtet von einer statistisch nachweisbaren Zunahme des Sauerstoffpartialdruckes im venösen Blut nach Elektro-Stimulation ausgewählter Akupunkturpunkte mit einem Fehlerniveau von 0,5 %. Betrachtet man den ansteigenden Effekt des rH-Wertes im Elektro-Stimulationsversuchs als Differenz zwischen dem absinkenden Effekt des Narkoseleerversuchs und einem diesen Effekt überkompensierenden positiven Effekt im Elektro-Stimulationsversuch und vollzieht man diesen Gedanken dann rechnerisch nach, so ergibt sich ein ähnliches Fehlerniveau von 0,33%.

Der signifikante pH-Anstieg im Elektro-Stimulationsversuch und das Verhalten der rH-Werte im Elektro-Stimulationsversuch im Vergleich zum Narkoseleerversuch findet ihre Erklärung in einer verstärkten Atmung der Tiere, wobei also der pH-Anstieg im Sinne einer respiratorischen Alkalose zu deuten wäre. Als Mechanismus käme ein dem

hemmenden Effekt der Narkose auf das Atemzentrum entgegenwirkender stimulierender Effekt auf das Atmungszentrum der Katzen durch Elektro-Stimulation infrage.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse des r-Wertes im Elektro-Stimulationsversuch konnten keine signifikanten Änderungen festgestellt werden. Die leicht absinkende Tendenz der Werte wurde insofern deutlicher, als das Fehlerniveau von über 50 % auf über 25 % gesunken ist. Möglicherweise hat die Zahl der Ionen oder deren durchschnittliche Wanderungsgeschwindigkeit zugenommen. Weitere- technisch einwandfreie - Untersuchungen wären zur Klärung dieser Frage nötig.

Die in dieser Arbeit gewonnenen Ergebnisse sind erstmalig. In der Weltliteratur liegen keine Ergebnisse vor, die zur Diskussion herangezogen werden könnten.

VI. Zusammenfassung

An fünf gesunden Katzen wurde zu mehreren Meßzeitpunkten die Änderung des pH-, rH- und r-Wertes im Blut während Elektro-Stimulationsversuchen mit Narkose bestimmt und mit den Änderungen während Leerversuchen mit Narkose verglichen.

Für eine Wirkung der Elektro-Stimulation ist erstens ein signifikanter pH-Anstieg nach Elektro-Stimulation anzusehen. Demgegenüber zeigt sich im Leerversuch mit Narkose keine signifikante Änderung.

Zweitens kommt es nach Elektro-Stimulation zu einem so gut wie signifikanten Anstieg des rH-Wertes im Vergleich zu einem signifikanten Absinken des rH-Wertes im Leerversuch mit Narkose. Dem Ansteigen des rH-Wertes entspricht theoretisch ein Anstieg der O_2 -Konzentration des Blutes oder eine beschleunigte Oxydation des im Organismus anfallenden Substrat-Wasserstoff, d.h. ein Überwiegen des oxydierenden Zugs des stets vorhandenen Sauerstoffs auf die reversiblen Redoxsysteme des Organismus.

Da die Narkosetiefe bei den Katzen so tief war, daß es zu einer Hemmung des Atemzentrums mit Hypoventilation gekommen sein muß, entspricht dem rH-Abfall im Leerversuch ein Absinken der O_2 -Konzentration des Blutes, dem rH-Anstieg im Elektro-Stimulationsversuch ein Ansteigen der O_2 -Konzentration des Blutes. Inwieweit die rH-Änderung auch durch Änderung des Oxydations-Reduktions-Gleichgewichts des Blutes mitbedingt ist, müssen weitere experimentelle Versuche klären. Ebenso sind weitere Versuche zur Beurteilung des Verhaltens der r-Werte nötig, für die sich keine signifikante Änderung ergab und zur genauen Beurteilung des Mechanismus der pH- und rH-Änderung.

Statistische Grundlagen

Deskriptive Statistik:

Sammelbegriff für Methoden zur übersichtlicheren Darstellung von Daten. Graphische Methoden sind z.B. Kurvendarstellungen und Säulendiagramme. Eine analytische Methode ist die Berechnung des arithmetischen Mittels nach der Formel: $\bar{X} = \frac{1}{N} \sum X$.

Inferenzstatistik:

Sammelbegriff für Methoden, mit denen Ergebnisse aus Stichproben auf Grundgesamtheiten übertragen werden.

Statistischer Test:

Verfahren, welches eine Entscheidung zwischen zwei alternativen Hypothesen ("Nullhypothese" und "Arbeitshypothese") erlaubt.

Der grundsätzliche Gedankengang jedes statistischen Tests ist folgender: Man nimmt zunächst einmal an, in der in Frage stehenden Grundgesamtheit gelte die Nullhypothese. Dann berechnet man die Wahrscheinlichkeit P (wird auch als "Zufallswahrscheinlichkeit" bezeichnet), mit der bei Gültigkeit der Nullhypothese eine Zufallsstichprobe aus der Grundgesamtheit gerade solche Ergebnisse aufweist, wie sie in der konkreten Untersuchung vorliegen. Ist P klein, so schließt man rückwirkend, die gemachte Annahme sei unzutreffend, d.h. man nimmt an, daß die Nullhypothese nicht und demzufolge die Arbeitshypothese gilt. Ist jedoch P groß, so behält man die Nullhypothese bei.

Signifikanz:

Ein statistisches Ergebnis ist signifikant, wenn die Zufallswahrscheinlichkeit P unterhalb des Signifikanzniveaus liegt. Für diese willkürlich wählbare Grenze hat sich in der Statistik der Wert 5 % bzw. 0,05 eingebürgert, (seltener auch 1 %). Das bedeutet: Die Fehlentscheidung, die man dann trifft, wenn man die Nullhypothese verwirft - obwohl sie in Wirklichkeit gilt - hat eine Wahrscheinlichkeit von höchstens 5 %. Deshalb spricht man auch von Fehler- oder

Irrtumswahrscheinlichkeit bzw. Fehlerniveau.

Normalverteilung:

Werden aus den Rohwerten durch Mittelwertbildung abgeleitete Meßwerte berechnet, so ist für diese nach dem zentralen Grenzwertsatz der Statistik eine Normalverteilung selbst bei beliebiger Verteilung der Rohwerte gegeben.

Abhängige Stichproben:

Zwei Stichproben sind abhängig, wenn jedem Individuum der einen Stichprobe in sinnvoller Weise genau ein Individuum der anderen Stichprobe zugeordnet werden kann (dies ist z.B. immer dann der Fall, wenn an einem Individuum 2 Messungen durchgeführt werden); andernfalls sind die Stichproben unabhängig.

Test:

- 1.) Zweck: Prüfung des Unterschieds der Mittelwerte zweier abhängiger Stichproben auf Signifikanz, wenn das untersuchte Merkmal in der Grundgesamtheit normalverteilt ist.
- 2.) Vorgehen : a) Man formuliert die Null- und Arbeitshypothese,
b) Man wählt das Signifikanzniveau,
c) Man bildet Paardifferenzen D_i und daraus die Prüfgröße $A = \frac{\sum_{i=1}^N D_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^N D_i^2}}$ und bestimmt deren Zufallswahrscheinlichkeit P.
d) Entscheidung: Falls P Signifikanzniveau, dann wird die Nullhypothese verworfen, andernfalls beibehalten.
- 3.) Beispiel: a) Nullhypothese: Der pH-Wert verändert sich bei Elektro-Stimulation nicht.
Arbeitshypothese: Elektro-Stimulation bewirkt eine signifikante Veränderung des pH-Wertes.

b) Signifikanzniveau = 0,05

	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	Summe
c) 1. Wert	7,54	7,62	7,58	7,46	7,57	
2. Wert	7,60	7,64	7,64	7,58	7,67	
D_i	-0,06	-0,02	-0,06	-0,12	-0,10	-0,36
D_i^2	0,0036	0,0004	0,0036	0,0144	0,0100	0,032

Also: $A = \frac{0,032}{(-0,36)^2} = 0,247$, somit $0,02 > P > 0,01$

d) Ergebnis:

Elektro-Stimulation bewirkt eine signifikante Veränderung des pH-Wertes.

LEERVERSUCH mit Narkose vom 10.02.1978 (Termin I für Katze 4-5)

	Blutentnahme	pH	rH	r	Zeitpunkt d.Narkose- beginns	Zeitpunkt d.Blutent- nahme
Katze 4	1.	7,53	20,6	168	14.30	14.45
	2.	7,56	19,6	117		15.05
Katze 5	1.	7,63	20,6	147	14.35	15.15
	2.	7,66	20,4	140		15,45

LEERVERSUCH mit Narkose vom 17.02.1978
(Termin I für Katze 1-3, Termin II für Katze 4-5)

	Blutentnahme	pH	rH	r	Zeitpunkt d.Narkose- beginns	Zeitpunkt d.Blutent- nahme
Katze 1	1.	7,54	24,5	126	14.00	14.25
	2.	7,52	20,8	130		14.55
Katze 2	1.	7,56	23,0	144	14.05	14.20
	2.	7,48	19,2	143		14.50
Katze 3	1.	7,65	21,0	128	14.12	14.27
	2.	7,63	20,8	Luft- blasen		14.57
Katze 4	1.	7,52	20,8	124	14.20	14.40
	2.	7,44	20,4	134		15.10
Katze 5	1.	7,60	20,6	138	14.27	14.52
	2.	7,53	20,2	143		15.22

LEERVERSUCH mit Narkose vom 24.02.1978
(Termin II für Katze 1-3, Termin III für Katze 4-5)

	Blutentnahme	pH	rH	r	Zeitpunkt d.Narkose- beginns	Zeitpunkt d.Blutent- nahme
Katze 1	1.		19,7	127	14.18	14.28
	2.		20,0	133		14.58
Katze 2	1.		19,0	156	14.20	14.35
	2.		18,7	130		15.05
Katze 3	1.		18,5	126	14.25	14.40
	2.		19,3	112		15.10
Katze 4	1.		19,6	131	14.28	14.48
	2.		18,9	132		15.18
Katze 5	1.		19,2	147	14.33	15.08
	2.		19,1	168		15.38

Werte nicht verwendbar
wegen Eichfehler

Verwendete Punkte: Analog zu M 36, Di 10

LEERVERSUCH mit Narkose vom 07.03.1978
(Termin III für Katze 1-3, Termin IV für Katze 4-5)

	Blutentnahme	pH	rH	r	Zeitpunkt d.Narkose- beginns	Zeitpunkt d.Blutent- nahme
Katze 1	1.	7,56	25,8	149	14.05	14.20
	2.	7,56	22,5	131		14.50
Katze 2	1.	7,67	24,5	149	14.10	14.25
	2.	7,67	21,1	120		14.55
Katze 3	1.	7,61	23,8	109	14.13	14.43
	2.	7,66	21,0	130		15.13
Katze 4	1.	7,66	21,3	141	14.20	14.35
	2.	7,60	14,0	132		15.05
Katze 5	1.	7,68	21,9	161	14.38	15.03
	2.	7,65	22,3	164		15.33

ELEKTRO-STIMULATIONSVERSUCH mit Narkose vom 16.03.1978 (Termin I)

	Blutentnahme	pH	rH	r	Zeitpunkt d.Narkose- beginns	Zeitpunkt d.Blutent- nahme
Katze 1	1.	7,38	20,6	150	15.00	15.15
	2.	7,52	20,2	132		15.45
Katze 2	1.	7,55	19,5	158	15.05	15.35
	2.	7,64	19,6	132		16.05
Katze 3	1.	7,57	20,6	112	15.10	15.50
	2.	7,56	21,0	117		16.20
Katze 4	1.	7,50	19,1	197	15.18	15.48
	2.	7,62	19,1	146		16.18
Katze 5	1.	7,69	19,5	180	15.28	16.18
	2.	7,68	19,8	163		16.48

Verwendete Punkte: Analog zu M 36, Di 10

ELEKTRO-STIMULATIONSVERSUCH mit Narkose vom 23.03.1978 (Termin II)

	Blutentnahme	pH	rH	r	Zeitpunkt d.Narkose-d.Blutent- beginns	Zeitpunkt nahme
Katze 1	1.	7,54	13,8	158	14.05	14.20
	2.	7,68	18,9	123		14.50
	3.	7,81	17,6	129		15.05
Katze 2	1.	7,73	18,1	136	14.10	14.40
	2.	7,62	18,1	180		15.10
	3.	7,71	18,1	146		15.25
Katze 3	1.	7,62	16,6	135	14.18	14.48
	2.	7,60	18,7	113		15.28
Katze 4	1.	7,27	17,9	181	14.23	14.43
	2.	7,44	18,1	130		15.03
	3.	7,50	18,3	Luftblasen		
Katze 5	1.	7,52	16,6	163	14.45	15.15
	2.	7,59	18,9	142		15.45

Verwendete Punkte: Analog zu M 36, Di 10
u.Ohr

ELEKTRO-STIMMULATIONSVERSUCH mit Narkose vom 07.04.1978 (Termin III)

	Blutentnahme	pH	rH	r	Zeitpunkt d.Narkose- beginns	Zeitpunkt d.Blutent- nahme
Katze 1	1.	7,72	21,9	125	14.00	15.20
	2.	7,69	20,4	129		15.50
	3.	7,44	18,9	116		16.05
	4.	7,68	19,6	127		16.20
Katze 2	1.	7,75	20,2	142	14.05	15.30
	2.	7,70	20,2	151		16.00
	3.	7,65	19,5	163		16.15
Katze 3	1.	7,57	18,7	198	15.00	15.25
	2.	7,70	18,7	138		16.05
Katze 4	1.	7,56	19,6	157	15.15	15.28
	2.	7,63	19,4	137		15.58
	3.	7,73	19,6	126		16.13
Katze 5	1.	7,58	19,3	151	15.20	15.40
	2.	7,65	19,5	139		16.10

Verwendete Punkte: Analog zu M 36, Di 10

LEERVERSUCH mit Narkose vom 13.04.1978 (Termin IV für Katze 1-3)

	Blutentnahme	pH	rH	r	Zeitpunkt d.Narkose- beginns	Zeitpunkt d.Blutent- nahme
Katze 1	1.	7,60	23,5	112	14.30	14.45
	2.	7,65	23,3	102		15.00
	3.	7,61	21,1	98		15.15
	4.	7,60	20,3	99		15.30
Katze 2	1.	7,65	22,9	138	14.35	14.50
	2.	7,62	21,9	124		15.05
	3.	7,73	20,8	118		15.20
	4.	7,58	19,7	114		15.35
	5.	7,64	19,7	117		15.50
Katze 3	1.	7,75	23,2	116	14.40	15.55
	2.	7,75	21,8	134		16.10
	3.	7,77	20,8	129		16.25
	4.	7,66	19,7	102		16.40
	5.	7,59	19,5	169		16.55

Verwendete Punkte: Analog zu M 36, Di 10

ELEKTRO-STIMULATIONSVERSUCH mit Narkose vom 20.04.1978 (Termin IV)

	Blutentnahme	pH	rH	r	Zeitpunkt d.Narkose- beginns	Zeitpunkt d.Blutent- nahme
Katze 1	1.	7,44	20,1	117	15.00	15.10
	2.	7,42	20,0	99		15.40
	3.	7,64	19,5	102		15.55
Katze 2	1.	7,58	20,5	124	15.05	15.23
	2.	7,56	20,6	110		15.53
Katze 3	1.	7,56	19,5	121	15.10	15.37
	2.	7,55	20,1	107		16.02
	3.	7,55	19,1	116		16.03
	ohne Elektro-St.					
Katze 4	1.	7,31	20,4	143	15.15	15.30
	2.	7,55	19,3	133		16.00
	3.	7,57	18,9	131		16.15
	ohne Elektro-St.					
Katze 5	1.	7,57	19,8	188	15.33	15.48
	2.	7,61	20,4	153		16.18

Verwendete Punkte: Analog zu M 36, Di 10 u. Ohr

LEERVERSUCH mit Narkose vom 28.04.1978 (Termin V)

	Blutentnahme	pH	rH	r	Zeitpunkt d.Narkose- beginns	Zeitpunkt d.Blutent- nahme
Katze 1	1.	7,47	21,2	113	14.10	14.25
	2.	7,48	21,0	110		14.40
	3.	7,54	20,4	115		15.05
	4.	7,47	20,4	94		15.20
Katze 2	1.	7,33	21,2	143	14.15	14.35
	2.	7,32	19,3	139		15.10
Katze 3	1.	7,58	20,6	116	14.22	14.42
	2.	7,46	19,9	111		15.02
	3.	7,48	20,1	114		15.17
	4.	7,46	20,2	103		15.32
Katze 4	1.	7,27	20,3	117	14.28	14.48
	2.	7,44	20,0	140		15.08
	3.	7,56	20,0	111		15.43
Katze 5	1.	7,52	21,6	140	14.50	15.15
	2.	7,62	20,9	121		15.35
	3.	7,64	20,6	128		15.50
	4.	7,60	20,1	128		16.05

Verwendete Punkte: Analog zu M 36, Di 10

ELEKTRO-STIMULATIONSVERSUCH mit Narkose vom 16.05.1978 (Termin V)

	Blutentnahme	pH	rH	r	Zeitpunkt d.Narkose- beginns	Zeitpunkt d.Blutent- nahme
Katze 1	1.	7,64	19,5	122	14.00	14.15
	2.	7,68	19,9	121		14.45
Katze 2	1.	7,48	19,9	148	14.05	14.25
	2.	7,67	20,3	133		15.05
Katze 3	1.	7,62	19,8	113	14.22	14.47
	2.	7,78	20,4	111		15.32
Katze 4	1.	7,65	20,9	148	14.30	14.50
	2.	7,66	21,3	129		15.25
Katze 5	1.	7,50	20,2	137	14.40	15.00
	2.	7,80	20,4	147		15.30

Verwendete Punkte: Analog zu M 36, Di 10, Ohr

LITERATUR

1. BENZER, H., BISCHKO, J., PAUSER, G., ZIMMERMANN, M.
Die Akupunktur-Analgesie, S. 403,
In: BENZER, H., FREY, R., HÜGIN, W., MAYERHOFER, O.
Lehrbuch der Anaesthesiologie, Reanimation und
Intensivtherapie.
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1977
2. BISCHKO, J.
Einführung in die Akupunktur
Karl F. Haug-Verlag, Heidelberg 1977
3. BÜHLMANN, A.A., FROESCH, E.R.
Pathophysiologie, S. 196
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1974
4. CHRISTEN, H.R.
Einführung in die Chemie, S. 218
Diesterweg Salle Verlag, Frankfurt/M.-Berlin-
München 1973
5. DOENICKE, A., KAMPIK, G., PRAETORIUS, B., PITTERLING, P.
GÖB, E., MATUSCZYK, U.
Elektro-Stimulationsanaesthesie in der Abdominal-
Chirurgie unter besonderer Berücksichtigung der
selektiven proximalen Vagotomie,
Anaesthesist 25, 248-256
6. FRITZSCHE, G., KAPFF v., S.H.
Kurz-Exposé über die prinzipiellen theoretischen
Grundlagen des pH- und Redoxwertes sowie der
Leitfähigkeit,
Copyright by F.u.M. Lautenschläger-München, 1978
7. HARTMANN, A.
Einführung in die Statistik, München 1974
(Unveröffentlichtes Manuskript)
8. KAMPIK, G.
Akupunktur beeinflusst erhöhte Blutsenkungs-
geschwindigkeit und vernösen Sauerstoff,
Akupunktur-Theorie und Praxis, 12, 78-79, 1976
9. KARLSON, P.
Kurzes Lehrbuch der Biochemie für Mediziner und
Naturwissenschaftler,
Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1972
10. KÖNIG, G., WANCURA, J.
Neue chinesische Akupunktur (Lehrbuch und Atlas)
Verlag Wilhelm Mandrich, Wien-München-Bern, 1975

11. KORDATZKI, W.
Einführung in die rH-Messung,
F.u.M. Lautenschläger-München 1950
12. REHN, J.
Untersuchungen zur klinischen Bedeutung des
Redoxpotentials, S. 116-117,
In: ZIEGLER, E.
Messung und Bedeutung des Redoxpotentials im Blut
in vivo und in vitro,
Edition Cantor, Aulendorf i. Württbg. 1960
13. STUART, H.A., KLAGES, G.
Kurzes Lehrbuch der Physik, S. 147-148
Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York 1970
14. ZIEGLER, E.
Messung und Bedeutung des Redoxpotentials
im Blut in vivo und in vitro
Editia Cantor, Aulendorf i. Württbg. 1960

Hiermit möchte ich Herrn Professor
Dr. F. Holle für die mir gewährte
Arbeitsmöglichkeit in seiner Klinik
danken.

Mein besonderer Dank gilt Herrn
Dr. W. Brückner für die Überlassung des
Themas und seine freundliche Unter-
stützung und Mithilfe bei dieser Arbeit.

Herzlich bedanke ich mich bei Herrn
Dr. G. Kampik für seine Unterstützung
und Beratung bei dieser Arbeit.

Der Firma Pitterling-Elektronik danke
ich für die Überlassung von Arbeits-
geräten.

Ebenfalls bedanke ich mich für Unter-
stützung bei Herrn Dipl. Phys. E. Littwin,
bei Herrn Dipl. Psych. A. Hartmann, bei
Dr.ing. J. Heuß und bei Herrn Fritzsche.

Lebenslauf

Am 11. Juni 1953 wurde ich als Tochter des Rechtsanwalts Hans Dopfer und seiner Ehefrau Dr. Brigitte Dopfer, geb. Rieger in Neu/Ulm geboren.

Die Volksschule besuchte ich in Ulm ab 1960 und das humanistische Humboldt-Gymnasium ab 1964, das ich mit dem Abitur 1970 verließ.

Mit dem Studium der Humanmedizin begann ich im Wintersemester 1970/71 an der Universität München, das ich im Juli 1976 mit dem Staatsexamen abschloß. Im Dezember 1977 erhielt ich die Approbation zum Arzt.

Ich bin seit dem 6. Dezember 1977 mit Herrn Wolfgang Huchatz verheiratet.

Dissertations- und Fotodruck ANNELIESE SCHUBERT
Corneliusstraße 21 • 8000 München 5 • Telefon 2681 77

